পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ কর্তৃক উচ্চতর ও বহুমুখী বিদ্যালয়ের জন্য নির্ধারিত পাঠ্যসূচী অনুযায়ী লিখিত।

মধ্যশিক্ষা রসায়ন

১ম খণ্ড

(নবম শ্রেণীর জন্য)

কৃষ্ণচন্দ্র ব্যানার্জী এম এস-সি

সালকিয়া এ এস (বহুমুখী, উচ্চ মাধ্যমিক) স্কুলের
রসায়ন শিক্ষক

ও

ডঃ দ্বিজেন্দ্রনাথ মুখার্জী এম এস-সি, ডি. ফিল.

স্যার পি, সি, রায় রিসার্চ ফেলো।

(কলিকাতা ইউনিভার্সিটি সায়েন্স কলেজ)

পরিবর্দ্ধিত ও পরিমার্জিত ৩য় সংস্করণ

কে. এন্. পাবলিশিং

সালকিয়া—হাওড়া

প্রকাশক :
কেদারেশ্বর ব্যানার্জী
কে. এন্. পাবলিশিং
সালকিয়া—হাওড়া

মুদ্রাকর :
শ্রীক্ষীরোদচন্দ্র পান
নবীন সরস্বতী প্রেস
১৭, ভীম ঘোষ লেন
কলিকাতা-৬

প্রাপ্তিস্থান :
নিউ ইণ্ডিয়া পাবলিশার্স
৮এ, কলেজ রো
কলিকাতা-৯

মেসার্স চট্টোপাধ্যায় ব্রাদার্স
১/১/১ এ ও বি বঙ্কিম চ্যাটার্জ্জী ষ্ট্রীট
(কলেজ স্কোয়ার) কলিকাতা-১২

প্রথম সংস্করণ—মার্চ. ১৯৬০

মূল্য—৩ টাকা ২৫ নঃ পঃ

নিবেদন

বর্তমান যুগে বিজ্ঞানকে অস্বীকার করিয়া চলিবার কোন উপায় নাই। তাই স্কুল-কলেজে সর্বত্রই বিজ্ঞান-শিক্ষার্থীর এত সমাগম। কিন্তু শুধু ছাত্র-সমাগম হইলেই ত চলিবে না। বিজ্ঞানের দুর্গম পথে চলিতে পারে—চলার পথে উৎসাহ ও উদ্দীপনা অক্ষুণ্ণ রাখিতে পাবে এবং শেষ পর্যন্ত গন্তব্যস্থলে পৌছাইতে পারে, এমন ছাত্র কয়জন!

বিজ্ঞান-শাস্ত্রের কঠিন আবরণের নিম্নে আনন্দ-রসের যে উৎসটি রহিয়াছে তাহার সন্ধান পায কয়জন? তাহারই সন্ধান দেওয়ার দায়িত্ব বিজ্ঞানপাঠ্য-রচয়িতার ও শিক্ষকমণ্ডলীর।

সেই কথাই স্মরণ করিয়া এই গ্রন্থ-রচনায় ব্রতী হইয়াছি। ছাত্রদের অসংগতি ও অসুবিধা কোথায় অধিক—সেদিকে লক্ষ্য রাখিয়াই এবং ছাত্র ও শিক্ষকজীবনের প্রত্যক্ষ অভিজ্ঞতা কাযে প্রয়োগ করিয়া এই পুস্তকখানি প্রণয়ন করিয়াছি। শিক্ষক মহোদয়গণের উপযুক্ত শিক্ষা নির্দেশনায় এই পুস্তকখানি নবীন শিক্ষার্থিগণের মনে যদি সামান্যতমও রসসঞ্চার করিতে সমর্থ হয় তবেই এই প্রচেষ্টার সার্থকতা বোধ করিব।

সাধারণতঃ ছাত্রগণ যোজ্যতা (Valency) ও রাসায়নিক সমীকরণ বিষয়গুলি যথার্থভাবে হৃদয়ঙ্গম করিতে পারে না। সেইজন্য ঐ বিষয়গুলিকে সহজ সরল ভাষায় ও উদাহরণ-সংযোগে বিস্তারিত ব্যাখ্যা করা হইয়াছে। অণু ও পরমাণু সম্বন্ধে যাহাতে সঠিক জ্ঞান লাভ হয় তাহার জন্য পরমাণু আবিষ্কারের এক মনোজ্ঞ বর্ণনা প্রদান করা হইয়াছে। যৌগ ও যৌগমূলকের যোজ্যতাকে মনে রাখিবার জন্য একটি ছক সংযোজিত হইয়াছে এবং উহা ছাত্রদের সম্যক সহায়তা করিতে সক্ষম হইবে।

প্রত্যেক অধ্যায়ের শেষে বিভিন্ন প্রকারের প্রশ্নাবলী ইংরাজী ও বাংলা উভয় ভাষায় সন্নিবেশিত করা হইয়াছে, ইহাতে ছাত্রদের ইংরাজী ভাষায় রচিত প্রশ্নগুলির সহিত কিঞ্চিৎ পরিচয়ও ঘটিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে ইংরাজীতে প্রশ্ন হওয়ার কারণে মনের স্বাভাবিক ভীতির কিঞ্চিৎ হ্রাস হইবে।

—গ্রন্থকার

Board of Secondary Education, West Bengal

HIGHER SECONDARY COURSE

CHEMISTRY

CLASS IX

Course Content	Notes
	(D—Demonstration by teacher)
1. The role of Chemistry in modern life.	Brief reference to contribution of Chemistry to (a) improved health and sanitation. (b) supply of food stuff, (c) increase in comfort, convenience and pleasure, (d) increased efficiency of technical processes, etc.
2. Common laboratory processes : decantation, filtration, extraction, evaporation, crystallisation, distillation and sublimation.	D—Familiarity with — (i) Vessels for holding, and those for meassuring liquids ; retort, Woulff's bottle evaporating dish, funnel, etc (ii) Burners, Heating and evaporating appliances. D—Relevant experiments and the use of these processes in preparing pure substances, etc.
3. (a) Physical states of matter : melting and boiling points.	
(b) Identification of matter : Physical and chemical properties.	D—To show how solids, liquids and gases differ in their physical properties (e g. touch colour, smell, solubility, magnetic reaction, etc.), and chemical properties (e.g., bahaviour on heating, treatment with acids alkalis, and other reagents).
(c) Physical and chemical changes.	The following changes may be illustrative : melting of ice and wax, burning of coal, conversion of water to steam ; rusting of iron, magnetisation of iron, heating the filament of an electric current by electric current, heating of copper wire and platinum wire by Bunsen flame, slaking of lime. Brief mention of factors that induce and regulate chemical change e.g , close contact, temperature, pressure, catalysis, etc.

Course Content	Notes
(d) Chemical compounds and mechanical mixtures.	D—Study of the difference between a mixture and a compound of iron and sulphur.
(e) Elements and compounds.	
(f) Metals and nonmetals	Only an elementary idea at this stage.
4. Study of Air. (a) Air is not an element : it contains oxygen and nitrogen.	D—(i) Increase in weight during the burning of magnesium in air.
(b) Proportion (by volume) of these gases in air	(ii) Experiment with burning phosphorus in air inside a bell-jar.
(c) Air is a mixture of oxygen and nitrogen.	(iii) Chart of Lovoisier's bell-jar experiment.
Other gases present in the atmosphere.	Only names of these gases are required.
5. Oxygen. (a) Preparation (from mercuric oxide and from potassium chlorate) ; catalysis (only definition and illustration). Commercial preparation from liquid air.	Apparatus for liquifaction is not required, nor also details of fractionation of the liquid.
Properties and uses	D—The burning of charcoal, sulphur, phosphorous, magnesium, sodium and iron. Testing the product with water and litmus.
(b) Oxide , may be gaseous solid or liquid. Acidic and basic oxides.	
6. Nitrogen. Preparation (from air and from ammonium compound), properties. Atmospheric nitrogen is mixed with heavier and inert gases.	
7. Study of Water. (i) Water as a solvent.	
(a) Solution. Separation of a solution into solute and solvent (by evaporation, distillation, crystallisation, etc)	Simple example of fractional distillation will be included.

Course Content.	Notes.
Atmospheric gases dissolved in water their biological significance.	The emphasis is on the solubility of gases in water.
Solvents for fats, oils, paints, lacquers.	No knowledge of the chemistry of the solutes or of the solvents is expected. The emphasis is on examples of solvents other than water.
(b) Saturated, unsaturated and supersaturated solutions.	D—Preparation of a supersaturated solution of sodium thiosulphate at the room temperature.
Concentration of solutions ; solubility ; solubility curves.	D—(i) Solubility at room temperature. (ii) Chart of apparatus for determination of solubility at temperatures higher and lower than room temperature.
(c) Qualitative study of the effects of temperature and pressure on solubility of gases in liquids ; and of the effect of solutes on freezing and boiling points of solvents.	
(d) Collodial solution and true solution.	Simple ideas of size of particles. Some everyday examples of colloids
(e) Water of crystallisation. (Efflorescence and deliquescence)	D—Estimation of Water of crystallisation (e.g. of alum).
(f) Natural waters. Purification of water.	Mention to be made of hard and soft waters which will be studied later.
(i) Action of water on oxides of non-metals and metals.	
(ii) Water as a Compound.	
(a) Action of metals on water.	D—Action of sodium (evolved gas to be collected and burnt). Chart of action of steam on red-hot iron.
(b) Electrolysis of water. Composition by volume.	
(c) Composition of water by weight.	D—(i) Action of hydrogen on heated copper oxide. (ii) Chart of Dumas' experiment.

Course Content.	Notes.
8. Hydrogen.	
(a) Preparation (from dilute acids and from water), properties and uses.	
(b) Reduction in terms of removal of oxygen or addition of hydrogen , oxidation-in terms of the reverse processes	
(c) Nascent state (elementary idea only).	
9. (a) Atoms Molecules Elementary idea of atomic weight and molecular weight.	
Symbols, formulae, valency (definition and examples).	
(b) Percentage composition.	
(c) Calculation of empirical formula of a compound from its composition by weight.	
(d) Chemical equations	
Simple calculations involving weights of substances in chemical reactions.	

PRACTICAL CHEMISTRY

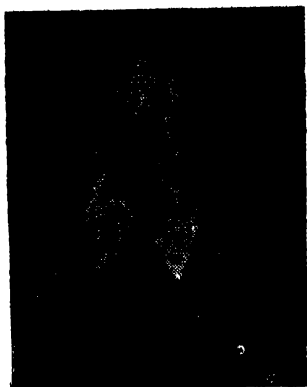
1. Familiarity with Bunsen Burner.

2. Manipulation of glass. Cutting, bending, blowing, etc. Fitting up of a simple apparatus, e.g.. wash bottle.

3. Laboratory techniques : (i) extraction, filtration, evaporation, crystallisation, sublimation, (ii) Separation of ingredients of simple mixtures.

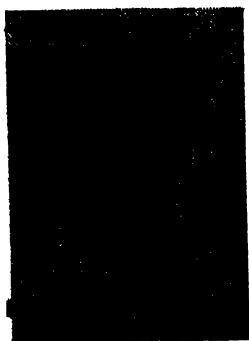
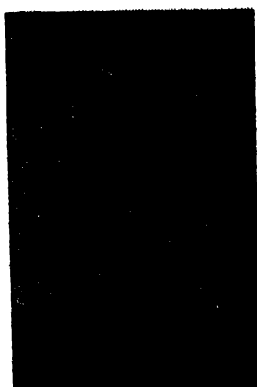
4. Determination of the m.p. of ice and wax, and b. p. of water.

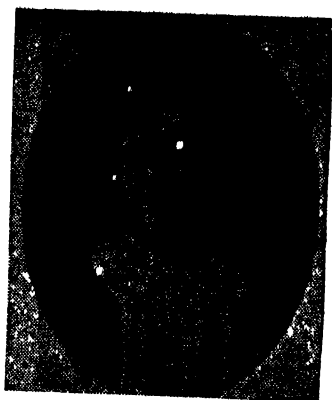
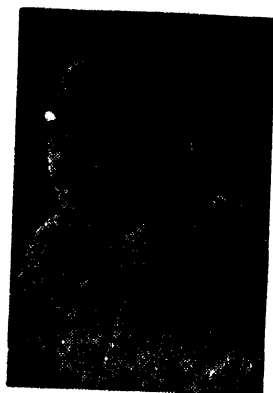
5. Study of the differences between mixture and compound of iron and sulphur.

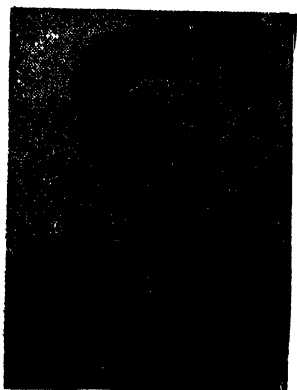
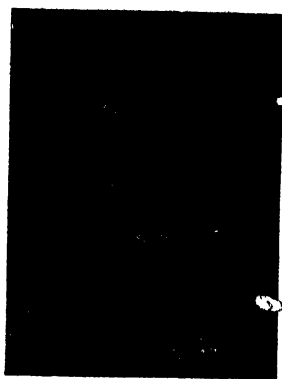
6. Preparation and simple properties of oxygen and hydroen.

ডাল্টন (John Dalton)
পরমাণুবাদের প্রবর্তক

ল্যাভয়সিয়ার (A. L. Lavoisier)
মৌলিক পদার্থের আবিষ্কর্তা

আচার্য্য প্রফুল্লচন্দ্র রায়
(P. C. Ray)

ভারতে রসায়নের জনক

ক্যাভেনডিস
(H. Cavendish)
জলের সংযুতির আবিষ্কর্তা

শীলি (C. W. Scheele)
অক্সিজেন প্রভৃতি গ্যাসের
আবিষ্কর্তা

প্রিষ্টলী (Joseph Priestley)
এ্যামোনিযা, অক্সিজেন প্রভৃতি
গ্যাসেব আবিষ্কর্তা

মাদাম ক্যুরী (Madame Curie)
বেডিয়ামের আবিষ্কর্তা

ডাঃ জ্ঞানচন্দ্র ঘোষ
(Dr. J. C. Ghosh)

ভারতে রসায়নের উচ্চাঙ্গ
গবেষণাব পথপ্রদর্শক

ল্যাঙ্‌মিউর (Langmuir)
বৈদ্যুতিক বাল্‌বে আর্গণের প্রবর্তক

বয়েল্ (Robert Boyle)
বায়ব রসায়ন চর্চার পথিকৃৎ

সূচীপত্র

বিষয়	পৃষ্ঠা
১। **রসায়ন ও উহার অবদান**	১—৯
বিজ্ঞান শিক্ষার প্রয়োজনীয়তা, রসায়নের জন্মকাহিনী, রসায়নেব প্রভাব, বসায়নেব সাহায্যে শিল্পের উন্নতি।	
২। **রসায়নাগারের সাধারণ যন্ত্রপাতি**	১০—১৫
ফ্লাস্ক, বায়ু-উনান, কিপ্-যন্ত্র, প্রভৃতি সাধারণ যন্ত্রপাতির বিবরণ।	
৩। **সাধারণ পরীক্ষাগার প্রণালী**	১৬—২৮
থিতান, আস্রাবণ, পরিস্রাবণ, দ্রবণ, বাষ্পীভবন, পাতন, মিশ্রণীয় তরল, অমিশ্রণীয় তরল, নিষ্কাশন।	
৪। **পদার্থ এবং ইহার অবস্থা পরিবর্তন**	২৯—৪৩
পদার্থের সংজ্ঞা, পদার্থের অবস্থা পরিবর্তন, গলনাংক ও হিমাংক, গলনাংক নির্ণয়, বাষ্পায়ন ও স্ফুটন, স্ফুটনাংক নির্ণয়, ঊর্ধ্বপাতন, আংশিক পাতন, কেলাসন, আংশিক কেলাসন।	
৫। **পদার্থের পরিচিতি**	৪৪—৪৮
পদার্থ ও শক্তির পার্থক্য, পদার্থের ধর্ম, পদার্থের পরিচিতি।	
৬। **পদার্থের পরিবর্তন—ভৌত ও রাসায়নিক**	৪৯—৫৬
ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন, রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটনের বিবিধ কাবণ, ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের পার্থক্য।	
৭। **পদার্থের শ্রেণীবিভাগ**	৫৭—৬৮
মৌলিক, যৌগিক ও মিশ্র পদার্থ, সাধারণ মিশ্রণ ও রাসায়নিক যৌগিক, গন্ধক ও লৌহচূর্ণ লইয়া মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের পার্থক্য পরীক্ষা, ধাতু ও অধাতু।	
৮। **পদার্থের গঠন—অণু ও পরমাণু**	৬৯—৭৮
পরমাণু কল্পনার ইতিহাস, মৌলিক অণু ও যৌগিক অণু, আন্তরাণবিক স্থান ও আন্তরাণবিক শক্তি, পরমাণুভার ও অণুভার।	
৯। **প্রতীক ও সংকেত**	৭৯—৮৩
মধ্যযুগের রাসায়নিকের প্রতীক, বার্জেলিয়াসের আধুনিক প্রতীক, সংকেত, মৌল ও যৌগের সংকেত লিখিবার পদ্ধতি।	

১০। যোজ্যতা ... ... ৮৪—৯৩

যোজ্যতা, মৌলের যোজ্যতা, যৌগমূলকের যোজ্যতা নিরূপণ, যোজ্যতা হইতে আণবিক সংকেত নির্ণয়, যোজ্যতা সারণী।

১১। রাসায়নিক সমীকরণ ... ... ৯৪—১০১

সংজ্ঞা, সমীকরণ লিখিবার পদ্ধতি, সমীকরণের সম্পূর্ণ অর্থ, সমীকরণের সীমাবদ্ধতা, রাসায়নিক বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ।

১২। বায়ু ... ... ১০২—১১১

বায়ু মৌলিক পদার্থ নয়, ল্যাভয়সিয়ারেব পরীক্ষা, বায়ু মিশ্র পদার্থ—যৌগিক পদার্থ নহে, আর্গন গোষ্ঠী।

১৩। অক্সিজেন ... ... ১১২—১২৫

সংক্ষিপ্ত ইতিহাস, বসায়নাগার প্রস্তুতি, অন্যান্য পদ্ধতি, অক্সিজেনেব ধর্ম, ব্যবহার ও নিরীক্ষা, অক্সাইড।

১৪। নাইট্রোজেন ... ... ১২৬—১৩১

সংক্ষিপ্ত ইতিহাস, বায়ু হইতে এবং এ্যামোনিয়া যৌগ হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি, নাইট্রোজেনের ধর্ম, ব্যবহার ও নিরীক্ষা।

১৫। হাইড্রোজেন ... ... ১৩২—১৪৩

সংক্ষিপ্ত ইতিহাস, রসায়নাগার প্রস্তুতি, অন্যান্য পদ্ধতি, ধর্ম, ব্যবহার ও নিরীক্ষা, জায়মান হাইড্রোজেন, অন্তর্ধৃতি।

১৬। জারণ ও বিজারণ ... ... ১৪৪—১৫০

জারণ, জারক পদার্থ, বিজাবণ, বিজাবক পদার্থ।

১৭। জল ও ইহার ধর্ম ... ... ১৫১—১৬৯

প্রাকৃতিক জল, জলে দ্রবীভূত পদার্থের রোগ নিবাময় গুণ, জলের শোধণ প্রণালী, খরজল ও মৃদুজল, খরতা দূরীকরণ, জলের ধর্ম, ব্যবহাব, আয়তনিক ও তৌলিক সংযুক্তি, জল যৌগিক পদার্থ।

১৮। দ্রবণ ও দ্রাব্যতা ... ... ১৭০—১৮৮

দ্রবণের অর্থ, সংপৃক্ত, অসংপৃক্ত ও অতিপৃক্ত দ্রবণ, দ্রাব্যতা, দ্রাব্যতা লেখ, কলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণ, কেলাস জল, উদত্যাগী ও উদগ্রাহী পদার্থ, গাণিতিক উদাহরণ।

১৯। রাসায়নিক গণনা ... ... ১৮৯—২০৪

২০। ব্যবহারিক রসায়ন (Practical Chemistry) ... ২০৫—২১৬

১

রসায়ন ও উহার অবদান

(Chemistry and its Contribution)

আমাদের চারিদিকে এক বিরাট জগৎ। এই জগতের আমরা কতটুকু জানি? আবার এই যে নানা বস্তু চতুর্দিকে আমাদের ঘিরিয়া রহিয়াছে ইহার মধ্যে কতই না ভাঙ্গাগড়া চলিতেছে। গাছে পাতা জন্মাইতেছে, ফুল ধরিতেছে. একদিন আবার পাতা শুকাইয়া যাইতেছে, ফুল ঝরিয়া পড়িতেছে। মেঘ বৃষ্টি হইয়া ঝরিয়া পড়িতেছে। অতিরিক্ত শীতে জল জমিয়া রূপান্তরিত হইতেছে বরফে। সুতরাং জগৎ বিরাট তো বটেই, পরন্তু ইহার মধ্যে যে রূপান্তর সর্বত্র সকল সময়ে ঘটিতেছে তাহাও কি একটি বিরাট বিস্ময় নহে?

এই পরিবর্তন মানুষ তাহার পৃথিবীতে আবির্ভাবের পর হইতেই অবাক বিস্ময়ে লক্ষ্য করিয়া আসিতেছে। সৃষ্টির আদিযুগ হইতেই মানুষের মনে তাহার পারিপার্শ্বিক জগৎ সম্বন্ধে জাগিয়াছে নানা ভয়, নানা প্রশ্ন, নানা কৌতূহল। ভয় পাইয়া সে দেবতা গড়িয়াছে, আর প্রশ্ন, কৌতূহল ও অনুসন্ধানের ফলেই সৃষ্টি বিজ্ঞানের। আজও তাহার জানিবার আগ্রহ থামে নাই।

মানুষের বিজ্ঞান সাধনার দুইটি দিক আছে। মানুষ তাহার ক্ষুৎপিপাসা, সুখস্বাচ্ছন্দ্য ও সুবিধার প্রয়োজনে বিজ্ঞান সাধনা করে, ইহা হইল বিজ্ঞানের ব্যবহারিক দিক। বিজ্ঞানের অপর দিকটি হইল দার্শনিক দিক। এই দিক দিয়া মানুষ লক্ষ্য করিয়াছে যে, বিশ্বজগতের অসংখ্য ঘটনা কতকগুলি বিধি ও নিয়মের অনুবর্তী। প্রাকৃতিক বৈচিত্র্যের মধ্যে সরল নিয়মের অনুসন্ধান করিয়া তাহার অন্তর্নিহিত রহস্য উদ্ঘাটন করা এই দিকের প্রধান উদ্দেশ্য। বস্তুতঃ, এই দিকটি মানুষের চিরন্তন জিজ্ঞাসার ফল। এই দিকে আমরা যত অগ্রসর হই, আমাদের জ্ঞানের পরিধিও ততই বৃদ্ধি পায় এবং উহার সঙ্গে বিজ্ঞানের ব্যবহারিক প্রয়োগেরও উন্নতি হয়।

বর্তমান যুগ—বিজ্ঞানের যুগ। কারণ মানুষের বিজ্ঞান-বুদ্ধি আজ তাহার সভ্যতাকে ধারণ করিয়া আছে। মানুষের কথায়-বার্তায় আহারে-বিহারে, আমোদ-প্রমোদে, চিকিৎসায়-শিল্পে, আত্মরক্ষায়—সর্বত্রই বিজ্ঞানের প্রয়োগ দেখা যাইতেছে। সুতরাং এই যুগকে বুঝিতে হইলে কিছু পরিমাণ বিজ্ঞান

শিক্ষা প্রত্যেকেরই কর্তব্য। কিন্তু বিজ্ঞান শিক্ষার একটি মূল উদ্দেশ্য হইল বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গীর বিকাশ। কারণ বৈজ্ঞানিক 'সত্যের সন্ধানী'। পরীক্ষা ও নিরীক্ষা ছাড়া বৈজ্ঞানিক কিছুই স্বীকার করেন না। পর্যবেক্ষণ, পরীক্ষা ও যুক্তি সম্মত সিদ্ধান্তে উপনীত হইবার দক্ষতা বৈজ্ঞানিকের একান্ত প্রয়োজন। সুতরাং ছাত্রেরা কেবলমাত্র পাঠ্য পুস্তকের নীরস ঘটনাবলীর বিবরণেই যদি নিজেদের বিজ্ঞান-চর্চা সীমাবদ্ধ রাখে তাহা হইলে বিজ্ঞান শিক্ষার মূল উদ্দেশ্য ব্যর্থ হইবে। সত্যের প্রতি অবিচল নিষ্ঠা ও যে সকল মহামানব সত্যের সাধনায় জীবন বিসর্জ্জন দিয়াছেন তাঁহাদের প্রতি অকৃত্রিম শ্রদ্ধা ও পারিপার্শ্বিক জীব ও জগৎ সম্বন্ধে সদা জাগ্রত কৌতূহল থাকিলে তবেই বিজ্ঞান শিক্ষা সার্থক হইবে।

আলোচনার সুবিধার জন্য বিজ্ঞানকে দুইটি শাখায় ভাগ করা হইয়াছে। যথা—(১) **প্রকৃতি বিজ্ঞান** (Natural Sciences) ও (২) **জীব বিজ্ঞান** (**Biological Sciences**)। পদার্থ-বিদ্যা (Physics), গণিত-বিদ্যা (Mathematics), রসায়ন-বিদ্যা (Chemistry), ভূ-বিদ্যা (Geology) ইত্যাদি প্রকৃতি বিজ্ঞানের অন্তর্গত। উদ্ভিদ-বিদ্যা (Botany), প্রাণী-বিদ্যা (Zöology), নৃতত্ত্ব ও শারীর-বিদ্যা (Anthropology and physiology) ইত্যাদি জীব বিজ্ঞানের অন্তর্গত।

পদার্থ (Matter) ও শক্তি (Energy) এই দুইটি হইল পৃথিবীর মূল উপাদান। জল পড়ে, পাতা নড়ে। জল ও পাতা হইল পদার্থ। কোন শক্তি ব্যতীত জলও পড়ে না, পাতাও নড়ে না। পদার্থকে আশ্রয় করিযাই শক্তির প্রকাশ ঘটে। শক্তি কি এবং কিরূপে শক্তিকে মানুষেব কার্য্যে ব্যবহাব করা যায় তাহার আলোচনা **পদার্থ-বিদ্যায়** করা হয। অপরদিকে পদার্থের গঠন, পদার্থের ধর্ম, বিভিন্ন পদার্থ সংযোগে কিরূপে নূতন পদার্থ গঠিত হয়, বিভিন্ন পদার্থ বিশ্লেষণে কি কি নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় এবং পৃথিবীর বিভিন্ন পদার্থ কিরূপে মানব কল্যাণে ব্যবহার করা যায়, এই সকল বিষয়ের আলোচনা **রসায়ন-বিদ্যায়** করা হয়।

কিভাবে প্রথম বসায়ন-চর্চা আরম্ভ হইয়াছিল তাহা সঠিক জানা যায় না। তবে আত্মরক্ষা ও দৈনন্দিন জীবনের সুবিধাব জন্য মানুষ খৃষ্টজন্মের বহু পূর্বে নিজের অজ্ঞাতসারে রসায়ন-চর্চা আরম্ভ করিয়াছিল। কোন্ দেশ প্রথম রসায়ন চর্চা আরম্ভ করিয়াছিল সে সম্বন্ধেও প্রচুর মতভেদ আছে। পাশ্চাত্য পণ্ডিতগণের মতে প্রাচীন মিশরেই প্রথম রসায়ন-চর্চা আরম্ভ হইয়াছিল। প্রাচীনকালে মিশরের নাম ছিল **কিমিয়া** অর্থাৎ কালো মাটির দেশ (Khem

বা Chem = black)। কাহারও কাহারও মতে রসায়নের বর্তমান ইংরাজী প্রতিশব্দ **Chemistry** কিমিয়া হইতে উদ্ভূত। আবার অনেকের মতে এই ইংরাজী শব্দ একটি গ্রীক শব্দ হইতে উদ্ভূত। খৃষ্টজন্মের তিন চার হাজার বৎসর পূর্বে কিমিয়াবাসীরা কালো মাটির সুন্দর সুন্দর পাত্র ও মূর্তি প্রস্তুত করিতে পারিত। তাহারা কাঁকর, মাটি হইতে তামা, দস্তা, টিন, লোহা, কাচ প্রভৃতি এবং লতাপাতা হইতে বলদায়ক রস, সুগন্ধি ও প্রসাধন দ্রব্য প্রস্তুত করিবার পদ্ধতি জানিত এবং তাহাদের এই সকল প্রস্তুতের কলা-কৌশলকে কিমিয়া বিদ্যা বলা হইত। সে যুগের বহু দেশ হইতে কারিগরেরা এই কিমিয়া বিদ্যা শিখিবার জন্য মিশরে যাতায়াত করিত। মিশরের আলেকজেন্দ্রিয়া শহরটি ছিল সে যুগের শ্রেষ্ঠ বিদ্যাকেন্দ্র। কিন্তু এই কিমিয়া বিদ্যায় রসায়ন শাস্ত্র মানুষের দৈনন্দিন জীবনে কেবলমাত্র ব্যবহারিক (practical) দিকেই নিবদ্ধ ছিল, তাত্ত্বিক (theoretical) দিকে এই শাস্ত্রকে প্রয়োগ করিবার কোন লক্ষ্য ছিল না।

কিন্তু প্রাচ্য মনীষিগণের মতে ভারতবর্ষেই প্রথম রসায়ন চর্চা হয়। হরপ্পা ও মহেঞ্জোদাড়োতে প্রাপ্ত নিদর্শন হইতে জানা গিয়াছে যে বৈদিক-পূর্ব যুগেও ভারতীয়গণ মৃৎশিল্পে ও ধাতু নিষ্কাশন শিল্পে অভিজ্ঞ ছিলেন। বৈদিক যুগের ঋষিগণ যে রসায়ন শাস্ত্রের ব্যবহারিক ও দার্শনিক বা তাত্ত্বিক দুই দিকেরই চর্চা করিতেন তাহার বহু নির্ভরযোগ্য প্রমাণ আছে। পদার্থের গঠন সম্বন্ধে হিন্দু দার্শনিক **কণাদ** প্রথম **পরমাণুবাদ** (**Atomic Theory**) প্রচার করেন। হিন্দু দার্শনিকগণের মতে ক্ষিতি (মাটি), অপ (জল), তেজ (অগ্নি), মরুৎ (বায়ু) ও ব্যোম (আকাশ)—এই পাঁচটি মৌলিক উপাদান দ্বারা বিশ্বের সকল পদার্থ গঠিত। ভারতীয় রাসায়নিকেরাও কাঁকর ও মাটি হইতে তামা, দস্তা, টিন, লোহা প্রভৃতি ধাতু প্রস্তুতে, লতাপাতা ও শিকড় হইতে তৈল, সুগন্ধি, ঔষধ, রং ও প্রসাধন দ্রব্য প্রস্তুতে পারদর্শী ছিলেন। আয়ুর্বেদ শাস্ত্র নামে ঔষধ বিদ্যা সর্বপ্রথম ভারতবর্ষেই সৃষ্টি হয়। প্রাচীন ভারতের রসায়নবিদ্‌দের মধ্যে চরক ও সুশ্রুতের নাম বিখ্যাত।

হিন্দু সভ্যতার সংস্পর্শের ফলে রসায়ন শাস্ত্র গ্রীসে নীত হয়। গ্রীস দেশের ব্যবহারিক রসায়নের পরিবর্তে তাত্ত্বিক রসায়নের বিকাশ হয় এবং গ্রীক দার্শনিক-গণ পদার্থের গঠন সম্বন্ধে বিভিন্ন মতবাদ প্রচার করেন। ইঁহাদের মতে মাটি, জল, আগুন ও বায়ু—এই চারিটি মৌলিক উপাদান দ্বারা পৃথিবীর বস্তুরাশি গঠিত। রসায়নের এই যুগকে **প্রাগৈতিহাসিক যুগ** (**Empirical Age**)

বলা হয়। এই যুগে পিথাগোরাস (Pythagoras), লিউকিপ্পাস (Leucippus), ডিমোক্রিটাস (Democritus), প্লাটো (Plato), এ্যারিষ্টটল (Aristotle), জোসিমাস (Zosimus), প্রভৃতি গ্রীক দার্শনিক জন্মগ্রহণ করিয়াছিলেন। তাঁহারা রসায়নের তাত্ত্বিক দিক সম্বন্ধে বহু গবেষণা করেন।

মধ্যযুগে আরবগণ আলেকজেন্দ্রিয়া ধ্বংস করে এবং গ্রীস ও মিশর হইতে রসায়নের জ্ঞান ও অনুশীলন পদ্ধতি নিজেদের দেশে লইয়া যায়। আরবগণ কিমিয়া বিত্থার ব্যবহারিক দিকের সহিত গ্রীসদেশের তাত্ত্বিক দিকের সংযোগ স্থাপন করে। ফলে রসায়ন শাস্ত্র আলোচনার ক্ষেত্রে বৈজ্ঞানিক পদ্ধতি (Scientific method) প্রতিষ্ঠিত হয়। আরবদের এই বিত্থার নাম হয় **অ্যালকেমি** (Alchemy = the Chemistry) এবং রসায়নের এই যুগকে **অ্যালকেমির যুগ (Age of Alchemy)** বলা হইত। অ্যালকেমিষ্টদের প্রচেষ্টায় বৈজ্ঞানিক পদ্ধতি প্রতিষ্ঠিত হইল যদিও তাহারা যে বিশেষ উদ্দেশ্যে রসায়ন চর্চা করিয়াছিল তাহা নিষ্ফল হয়। কারণ, তাহাদের আকাঙ্ক্ষা ছিল দুইটি—একটি হইল লতাপাতা ও ধাতুভস্মের নির্য্যাস হইতে অমৃত রস প্রস্তুত করিয়া দুঃখ ও দৈন্যকে দূর করিতে সমর্থ হওয়া এবং অপরটি হইল এমন এক পরশ পাথর আবিষ্কার করা যাহার স্পর্শে লোহা, তামা, সীসা, প্রভৃতি নিকৃষ্ট ধাতু সোনা হইয়া যায়। তাহাদের এই অসম্ভব আকাঙ্ক্ষাকে লোকে ভয়ের চোখে দেখিত এবং যাদুবিত্থা মনে করিত। ফলে প্রকৃত রসায়ন-বিত্থার বিকাশ বিশেষ ব্যাহত হয়। তবু অ্যালকেমিষ্টদের মধ্যে জবির-ইবন-হাইয়ান (Jabir Ibn Hayyan), আল্-রাজী (Abu Bakr Muhammad Ibn Zakariyya Al-Razi), ইবন-রাস (Ibn Arfa Ra's), আল্-ইরাকি (Abul Qasim Muhammad Ibn Ahmad Al-Iraqi), প্রভৃতির নাম বিশেষভাবে প্রসিদ্ধ। ইহাদের মধ্যে জবিরের নাম বিশেষভাবে প্রসিদ্ধ ছিল। তিনি রসায়ন বিত্থা সম্বন্ধে পাঁচশত গ্রন্থ (treatises) লিখিয়া গিয়াছেন। ইবন রাস স্বর্ণকণা (Particles of gold) নামে একটি বৃহৎ কবিতা লিখিয়াছিলেন। আল্-ইরাকি 'আল-মুক্তাসাব' (Al Muktasab) অর্থাৎ স্বর্ণ উৎপাদনের জ্ঞান (Knowledge aquired concerning the production of gold) নামে একটি গ্রন্থ লিখিয়াছিলেন।

খৃষ্টজন্মের কয়েক শতাব্দী পরে ভারতবর্ষেও **তান্ত্রিক সাধকেরা** অমৃত রস প্রস্তুতের চেষ্টা করেন। তাঁহাদের এই চেষ্টার ফলে অনেক রাসায়নিক পদ্ধতি ও যন্ত্রপাতির উদ্ভব হয়। তাঁহাদের রসায়ন চর্চা ছিল প্রধানতঃ ভেষজ

মূলক। তাঁহারা এই বিদ্যার নাম দেন **রস-বিদ্যা** বা **রসায়ন**। তান্ত্রিকেরা রস-বিদ্যা সম্বন্ধে অনেক বই লিখিয়াছেন, তাহার মধ্যে 'রসরত্নাকর' 'রসযোগ', 'রসচূড়ামণি', 'সর্বেশ্বর রসায়ন' প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। ভাগবত, বৃন্দা শালিবাহন ও নাগার্জ্জুনের নাম ভারতীয় তান্ত্রিক রসায়নবিদ্‌দেব মধ্যে বিখ্যাত। পাঠান আক্রমণের ফলে ভারতে রস-বিদ্যা নষ্ট হইয়া যায়।

ত্রয়োদশ-চতুর্দ্দশ শতকে আরবদের মাধ্যমে স্পেন দেশে অ্যালকেমি-বিদ্যা প্রচারিত হয়। পরে এই বিদ্যা সমস্ত ইউরোপে ছড়াইয়া পড়ে। এই সময়ের ইউরোপীয় অ্যালকেমিদের মধ্যে **রোজার বেকনের** (Roger Bacon 1214-1292) নাম বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

পঞ্চদশ শতকে ইউরোপে **প্যারাসেলসাসের** (Paracelsus 1493-1541) প্রচেষ্টায় রসায়নের লক্ষ্য পরিবর্তিত হইয়া ভেষজ রসায়ন বা চিকিৎসা রসায়নের সূত্রপাত হয়। লিভেবিয়াস (Livebias), ভ্যান হেলমণ্ট (Van Helmont), নিকোলাস লেমেরি (Nicholas Lemery), প্রভৃতি রসায়নবিদদের নাম এই যুগে বিশেষ উল্লেখযোগ্য। রসায়নের এই যুগকে **ভেষজ রসায়ন** বা **চিকিৎসা রসায়নের যুগ** (Period of Iatro Chemistry) বলা হয়।

প্যারাসেলসাসের পর রসায়নের একটি নূতন যুগ আসে। এই যুগকে **বায়ব রসায়ন চর্চার যুগ** (Period of Pneumatic Chemistry) বলা হয়। এই যুগের পথিকৃৎ হইলেন আইরিশ বিজ্ঞানী **রবার্ট বয়েল** (Robert Boyle 1627-1691)। এই সময়ে বায়ব বস্তুর আবিষ্কার ও উহাদের ধর্ম লক্ষ্য করা রসায়নবিদ্‌দের প্রধান কাজ হইল। এই যুগে সুইডিশ বিজ্ঞানী শীলি (C. W. Scheele 1742-1786), বৃটিশ বিজ্ঞানী প্রিষ্টলি (Joseph Priestly 1733-1804) এবং ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভিয়সিয়ার (Antoine Laurent Lavoisier 1743-1794), প্রভৃতির অবদানে রসায়নের বহু নূতন তত্ত্বের প্রতিষ্ঠা হয়।

উনবিংশ শতকের গোড়ার দিকে বৃটিশ বিজ্ঞানী জন ডালটনের (John Dalton 1766-1844) পরমাণুবাদ প্রতিষ্ঠিত হওয়ায় রসায়নের নূতন এক যুগের সৃষ্টি হয়। গে-লুসাক (Gay-Lussac), এ্যাভোগাড্রো (Amadeo Avogadro), ক্যানিজারো (Cannizzaro), বার্জেলিয়াস (J. J. Berzelius), হামফ্রি ডেভী (Humphrey Davy), মাইকেল ফ্যারাডে (Michael Faraday), প্রভৃতি রসায়নবিদ্‌দের প্রচেষ্টায় রসায়নের **আধুনিক যুগ** (The Modern

Age) প্রতিষ্ঠিত হয়। এই যুগের শেষার্ধে, রাশিয়ার বৈজ্ঞানিক **মেণ্ডেলীফের** (Mendeleeff) পর্য্যায় সারণী (Periodic Table) আবিষ্কার একটি উল্লেখযোগ্য ঘটনা। দীর্ঘকাল পরে ভারতেও আবার নূতন উদ্যমে রসায়নের চর্চা আরম্ভ হয়। ভারতের আধুনিক রসায়নের পথিকৃৎ হইলেন **আচার্য প্রফুল্লচন্দ্র রায়** (Sir P. C Roy)।

বিংশ শতাব্দীতে রসায়নের একটি বিস্ময়কর অগ্রগতি ও মৌলিক পরিবর্তনের ধারা লক্ষ্য করা যায়। এই সময়ে পদার্থ-বিদ্যা ও রসায়ন-বিদ্যার পারস্পরিক সম্বন্ধযুক্ত কতকগুলি আবিষ্কার, যথা—স্যার উইলিয়াম রামসে (Sir William Ramsay) কর্তৃক নিষ্ক্রিয় মৌল গ্যাসবর্গের (inert gases) আবিষ্কার, বেকারেল (H. Becquerel) কর্তৃক তেজষ্ক্রিয়তার (radio-activity) আবিষ্কার, মাদাম ক্যুরী (Madame Curie) কর্তৃক রেডিয়াম ও সমধর্মী তেজষ্ক্রিয় মৌলের আবিষ্কার, লর্ড রাদারফোর্ড (Lord E. Rutherford) কর্তৃক পরমাণু গঠন (atomic structure) আবিষ্কার প্রভৃতি বিজ্ঞান চিন্তার জগতে যুগান্তর আনিয়াছে। ইহা ছাড়া লাইবিগ (Liebig), কেকুলে (Kekule), এমিল ফিশার (Emil Fischer), প্রভৃতি বৈজ্ঞানিকদের প্রচেষ্টায় জৈব রসায়নের (Organic Chemistry) প্রভূত উন্নতি হইয়াছে, এবং রাউল্ট (Raoult), আরহেনিয়াস (Arrhenius), ওস্‌ওয়াল্ড (Ostwald) প্রভৃতি বৈজ্ঞানিকদের প্রচেষ্টায় তাত্ত্বিক রসায়নের (Physical Chemistry) প্রভূত উন্নতি হইয়াছে। ১৯৩০ সালে টমসন (Sir J. J Thompson), লর্ড রাদারফোর্ড (Lord E. Rutherford), সডি (Soddy), ল্যাঙমুয়ার (Langmuir), নীলস বোর (Neils Bohr), এ্যাস্টন (Aston); প্রভৃতি বৈজ্ঞানিকদের প্রচেষ্টায় পরমাণুর বিভাজন (atomic disintegration), পরমাণুর রূপান্তর (atomic transmutation) ও বস্তুকে শক্তিতে রূপান্তরের সূচনা হয়, ফলে পরবর্তীকালে পরমাণু বোমা (atom bomb), পারমাণবিক শক্তি (atomic energy), প্রভৃতি সৃষ্টি হইয়াছে। এইটিই হইল রসায়নের **সর্বাধুনিক যুগ** (The Current Age)।

রসায়নের প্রভূত অগ্রগতির ফলে ইহাকে কয়েকটি শাখায় ভাগ করা হইয়াছে, যথা—

(১) মাটি, জল, বায়ু, খনিজ বস্তু অর্থাৎ অপ্রাণী বস্তুর গঠন পরিচয় সম্বন্ধে আলোচনা করে **অজৈব রসায়ন** (Inorganic Chemistry)।

(২) কার্বনযুক্ত পদার্থ এবং উদ্ভিজ্জাত ও প্রাণীজাত পদার্থের আলোচনা করে **জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry)।

(৩) রাসায়নিক ক্রিয়ার উপর শক্তির প্রভাব সম্বন্ধে আলোচনা করে **ভৌত বা তাত্ত্বিক রসায়ন** (Physical Chemistry)।

(৪) বিভিন্ন বস্তুকে কিভাবে কাজে লাগান যায় তাহার উপায় সম্বন্ধে আলোচনা করে **ফলিত রসায়ন** (Applied Chemistry)।

(৫) কৃষি সম্বন্ধে আলোচনা করে **কৃষি রসায়ন** (Agricultural Chemistry)।

(৬) প্রাণীর খাদ্য, গঠন ও দেহ সম্বন্ধে আলোচনা করে **জীব-রসায়ন** (Bio-Chemistry)।

আধুনিক জীবনে রসায়নের প্রভাব (The role of Chemistry in modern life) :—রসায়নের উন্নতির সঙ্গে সঙ্গে মানুষের দৈনন্দিন জীবনযাত্রায়ও অভাবনীয় পরিবর্তন দেখা দিয়াছে। বর্তমানে বাড়ী-ঘরে, সাজ-পোষাকে, যানবাহনে, ঔষধে ও স্বাস্থ্যোন্নতিতে, দৈনন্দিন আমোদ-প্রমোদে, কৃষিকার্য্যে ও অগণিত শিল্পে রসায়ন বিজ্ঞান প্রযুক্ত হইতেছে।

পূর্বে ম্যালেরিয়ায় ভারতে সর্বাপেক্ষা অধিক লোক আক্রান্ত হইত। কিন্তু রসায়ন শিল্পের "ডি-ডি-টি" (D.D.T.) আবিষ্কারের পর ভারতে ও অন্যান্য দেশে ইহার প্রকোপ অনেক কমিয়াছে। আজকাল কুইনাইন, প্যালুড্রিন, প্রভৃতি ঔষধ আবিষ্কারের ফলে ম্যালেরিয়া রোগ আক্রান্ত রোগী মৃত্যুর কবল হইতে রক্ষা পাইতেছে। গত মহাযুদ্ধের সময় ছত্রাক (Fungus) হইতে 'পেনিসিলিন' (Penicillin) তৈয়ারী হইয়াছিল। অনেক জীবাণুজনিত রোগে, যেমন নিউমোনিয়ায় (Pneumonia) ইহার প্রয়োগ অত্যন্ত ফলপ্রদ। যুদ্ধে আহত লক্ষ লক্ষ লোক এই পেনিসিলিন ব্যবহারে বাঁচিয়া গিয়াছে। কৃত্রিম উপায়ে তৈয়ারী 'সালফা ঔষধ' (Sulpha-Drugs) অনেক জীবাণুরোগে ফলপ্রদ। মাদাম ক্যুরী (Madame Curie) রেডিয়াম (Radium) আবিষ্কার করিয়া রোগ চিকিৎসায় নবযুগ আনিয়াছেন। ইহা ক্যানসার রোগে বিশেষ ফলপ্রদ। হাত পা কাটিয়া গেলে যে 'টিংচার আয়োডিন' ও 'ডেটল' ব্যবহার করা হয় তাহাও ফলিত রসায়নের অবদান। পূর্বে অস্ত্রোপচারের সময় রোগীকে ভীষণ বেদনা সহ্য করিতে হইত। এখন ক্লোরোফর্ম (Chloroform), নোভকেন (Novcaine) প্রভৃতি চেতনানাশক (anaesthetic) ব্যবহার করিয়া সম্পূর্ণ বেদনাহীনভাবে বড বড অস্ত্রোপচার করা হয়। শহরে পানীয় জল

জীবাণুমুক্ত করিবার জন্য ফটকিরি (alum), ক্লোরিন (Chlorine) ও ওজোন (Ozone) ব্যবহার করা হয়। নালা-নর্দমায় ব্লিচিং পাউডার (Bleaching powder), ফিনাইল, ইত্যাদি ব্যবহার করিয়া জীবাণু ধ্বংস করা হয়।।

কৃত্রিম সার ব্যবহার করায় সব দেশেই কৃষিকার্যের উন্নতি হইয়াছে। খাদ্যশস্য, যেমন চাউল, গম, ইত্যাদির জমিতে এ্যামোনিয়াম সালফেট (Ammonium Sulphate) সার প্রয়োগ করিলে বেশী ফসল উৎপন্ন হয়। সেইরূপ সুপার ফস্‌ফেট (Super Phosphate) প্রয়োগ করিলেও ফসলের উপকার হয়। অনেক কীট শস্য নষ্ট করে। ইহাদের ধ্বংস করিবার জন্য ডি-ডি-টি ও গ্যামেক্সেন (Gammexane) ব্যবহার করা হয়। গুদামে ইঁদুর মারিবার জন্য সোডিয়াম ফসফাইড (Sodium Phosphide), বেরিয়াম কার্বনেট (Barium Carbonate), ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। খাদ্য সংরক্ষণ করিতে নানাবিধ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্যে মাছ, মাংস, সব্‌জি, ইত্যাদি টিনে ভর্তি করা রীতি চলিতেছে। বাজারে যে গ্লুকোজ (Glucose) পাওয়া যায় তাহা ভুট্টা হইতে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় প্রস্তুত হয়। খাদ্যের একান্ত প্রয়োজনীয় উপাদান ভাইটামিনগুলি (vitamins) আজকাল রাসায়নিক কারখানায় তৈয়ারী হইতেছে।

আগেকার দিনে লোকে পায়ে হাটিয়া, গরুর বা ঘোড়ার গাড়ীতে চড়িয়া যাতায়াত করিত। এখন পেট্রোলিয়াম হইতে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় পেট্রোল, কেরোসিন, ডিজেল-তেল, ইত্যাদি তৈয়ারী হইতেছে। পেট্রোল ব্যবহার করিয়া মোটর ও এরোপ্লেন চালানো সম্ভব হইয়াছে। ডিজেলে বড় বড় এঞ্জিন চলে। কেরোসিন গ্রামে গ্রামে জালানি তেলরূপে লণ্ঠনে ব্যবহৃত হয়। আবার বিভিন্ন রকমের ধাতু ও মিশ্রধাতু হইতে মোটর গাড়ী, রেল গাড়ী, জাহাজ, এরোপ্লেনের বিভিন্ন অংশ তৈয়ারী হয়। সাধারণতঃ লোহা ও ইস্পাতে মরিচা পড়ে। কিন্তু রাসায়নিক প্রক্রিয়ার দ্বারা মরিচাহীন ইস্পাত (Stainless Steel) প্রস্তুত হইয়াছে। ইহার দ্বারা বহুবিধ যন্ত্রপাতি, ছুরি, কাঁটা, ইত্যাদি তৈয়ারী হয় এবং ইহাতে মরিচা পড়ে না। পোষাক পরিচ্ছদ তৈয়ারীর কাজেও রসায়ন বিদ্যার প্রচুর প্রয়োগ হইতেছে। কাপড় রঙিন করিবার জন্য রঞ্জন শিল্পের সৃষ্টি হইয়াছে। তুলাকে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় কৃত্রিম রেশম (Artificial Silk) করা যায়। আজকাল নাইলন (Nylon) বলিয়া এক ধরণের উৎকৃষ্ট রেশম বাহির হইয়াছে উহাও রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় সৃষ্টি হয়। মানুষের আমোদ প্রমোদের জগতে যাহাদের আকর্ষণ প্রবল সেই সিনেমার ফিল্ম (Film),

রেডিও, টেলিভিশন, ইত্যাদি রসায়ন বিজ্ঞানেরই অবদান। অনেক সুগন্ধ দ্রব্য (scent) রাসায়নিক প্রক্রিয়ার দ্বারা কৃত্রিমভাবে তৈয়ারী হয়।

তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, রসায়ন বহু শিল্পের ভিত্তি। রাসায়নিক গবেষণার দ্বারা বহু শিল্পের কার্যকারিতা দিন দিন বাড়িয়া চলিয়াছে। বিজলী বাতির বালব্‌গুলি পূর্বে বেশী ঘণ্টা জ্বলিত না। আমেরিকান বৈজ্ঞানিক ল্যাঙ্‌-ম্যুর (Langmuir) বালবে আর্গন গ্যাস ভর্তি করিয়া বালবের জীবনীশক্তি বাড়াইয়াছেন। জার্মেনিয়াম (Germanium) নামে একটি বিরল ধাতু আবিষ্কারের ফলে ট্রানজিষ্টর (Transistor) তৈয়ারী হইতেছে—উহা গত কয়েক বৎসর ধরিয়া রেডিও তৈয়ারীর কাজে বিশেষভাবে প্রযুক্ত হইতেছে।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What do you mean by Chemistry? Mention its main branches.

[রসায়ন বলিতে কী বুঝ? ইহার প্রধান শাখাগুলির উল্লেখ কর।]

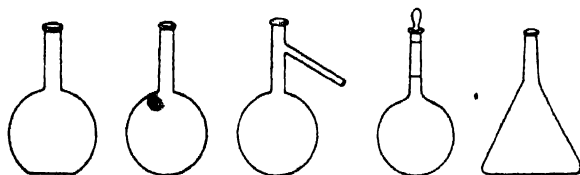
2. Give a brief account of the rôle of Chemistry in modern life.

[আধুনিক জীবনে রসায়নের প্রভাব সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত পরিচয় দাও।]

২

রসায়নাগারের সাধারণ যন্ত্রপাতি

(Common Laboratory Apparatus)

ঘর-সংসারে রান্নাঘরের ন্যায় রসায়নাগারেও বিভিন্ন কাজে ও নানা পরীক্ষার জন্য নানা প্রকার যন্ত্রপাতি ব্যবহৃত হয়। এই সকল যন্ত্রপাতি প্রায় সবই কাচের তৈয়ারী। কারণ সাধারণ রাসায়নিক দ্রব্যের সংস্পর্শে কাচের কোন ক্ষতি হয় না। এই সকল যন্ত্রপাতির কৌশল ও ব্যবহার সম্বন্ধে কিছু জানা প্রয়োজন। নীচে রসায়নাগারে ব্যবহৃত কয়েকটি সাধারণ যন্ত্রপাতির বিবরণ দেওয়া হইল—

চ্যাপ্টাতল কূপী গোলাকারতল কূপী পাতন কূপী পরিমাপক কূপী শঙ্কু কূপী

ফ্লাস্ক বা কাচকূপী (**Flask**) :—ইহার আকার কতকটা ঘটির মত। কিন্তু ইহার গলা লম্বা ও সরু। ইহা তরল দ্রব্য রাখিবার জন্য ব্যবহার করা হয়। ফ্লাস্ক সাধারণতঃ পাঁচ প্রকার—চ্যাপ্টা তলার ফ্লাস্ককে চ্যাপ্টাতল ফ্লাস্ক, গোলাকার তলার ফ্লাস্ককে গোলাকার তল ফ্লাস্ক, এবং শঙ্কু আকৃতি ফ্লাস্ককে কনিকাল (Conical) ফ্লাস্ক বলা হয়। যে ফ্লাস্কে জল পাতিত করা হয় তাহাকে পাতন ফ্লাস্ক বলা হয়। এই ফ্লাস্কে ফুটন্ত জল বাষ্প হইয়া বাহির হইয়া যাইবার জন্য গলায় নির্গম নল থাকে। যে ফ্লাস্ক দ্রবণ পরিমাপ করিবার জন্য ব্যবহৃত হয় তাহাকে মেজারিং (Measuring) ফ্লাস্ক বলে।

ফানেল (**Funnel**) :—তেল ঢালিবার জন্য বাড়িতে যে কূপী ব্যবহার করা হয় তাহাকে ফানেল বলে। এক বোতল হইতে অন্য বোতলে তরল পদার্থ ঢালিবার জন্য এবং ছাঁকিবার জন্য ফানেল ব্যবহার করা হয়।

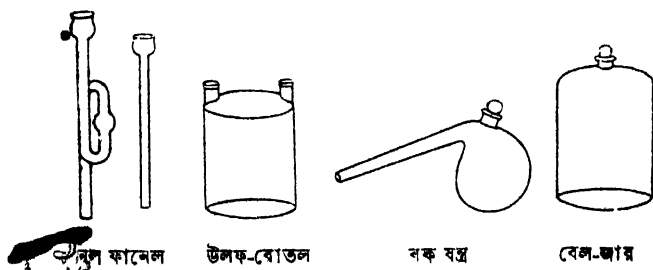
পরীক্ষা-নল বা **টেষ্ট টিউব** (**Test Tube**) :—ইহা সাধারণতঃ পাঁচ দৈর্ঘ্য ও আধ ইঞ্চি ব্যাসবিশিষ্ট একটি পাতলা তলাবদ্ধ সরু কাচের নল। নানাবিধ কার্য্যের জন্য পরীক্ষা-নল বড়ও হয়। পরীক্ষা-নল রাখা হয় কাঠের

ধারকে। কোন বস্তু পরীক্ষা-নলে উত্তপ্ত করিতে হইলে ইহার মুখের কাছে একখণ্ড কাগজ চারভাঁজ করিয়া জড়াইয়া ধরিতে হয় কিংবা চিমটা (holder) দিয়া ইহাকে ধরিতে হয়। ইহা রসায়নাগারে একটি অপরিহার্য উপকরণ।

খর্পর বা **পোর্সিলেন বেসিন** (Porcelain Basin) :—বেসিন চীনামাটির দ্বারা নির্মিত একটি ছোট বাটি। কোন জিনিস গরম করিবার জন্য বা বাষ্পীভবন করিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

মুষা বা **মুছি** (Crucible) :—মুছি বা ক্রুসিবল চীনামাটির দ্বারা নির্মিত। ইহা দেখিতে স্যাকরাদের সোনা গলাইবার মুছির মত। ইহাতে অল্প পরিমাণ দ্রব্য ওজন করা যায়। উচ্চ তাপে অল্প পরিমাণ কঠিন জিনিসকে শুকাইবার জন্য মুছি ব্যবহার করা হয়।

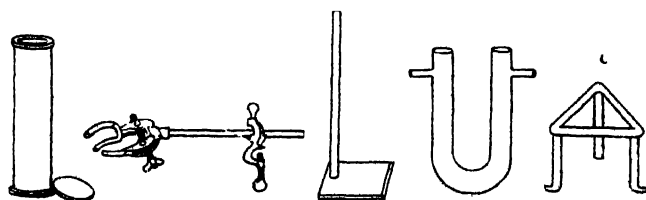
খল-নুড়ি (Mortar and Pestle) :—খল বা মর্টার কবিরাজী খলের মত দেখিতে। ইহা চীনামাটি বা এগেটের দ্বারা নির্মিত। শুষ্ক কঠিন পদার্থ গুঁড়া করিবার জন্য এবং অন্য পদার্থের সঙ্গে মিশ্রিত করিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

দীর্ঘনল ফানেল বা থিস্‌ল ফানেল (Thistle Funnel) :—দীর্ঘ নলসহ গঠিত ফানেলকে দীর্ঘনল ফানেল বলে। তরল পদার্থ ঢালিবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

ফ-বোতল (Woulfe-bottle) :—দুইপাশে দুইটি ছোট মুখসহ প্রায় সাত-আট ইঞ্চি লম্বা ও চার ইঞ্চি ব্যাসের মোটা বোতলকে বলা হয় উলফ

বোতল। বোতলটির নাম দেওয়া হইয়াছে আবিষ্কারক উলফের নাম অনুসারে। এই পাত্র তাপ সহ্য করিতে পারে না। বিনা তাপে কোন কোন রাসায়নিক প্রক্রিয়া এই পাত্রে করা হয়। হাইড্রোজেন, হাইড্রোজেন সালফাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি গ্যাস এই পাত্রে প্রস্তুত হয়।

বকযন্ত্র বা রিটর্ট (Retort) :—ইহা কাচের তৈয়ারী একটি যন্ত্র। বকের গলার মত ইহার একদিক সরু, লম্বা ও বাঁকান থাকে। পেটটি গোলাকার তল ফ্লাস্কের মত। গোলাকৃতি অংশের উপরে একটি ছিদ্র থাকে। ইহা সাধারণতঃ কাচের ছিপি (stopper) দ্বারা বন্ধ করা থাকে। এই যন্ত্রটি পাতন ক্রিয়ার জন্য ব্যবহৃত হয়।

বেল-জার (Bell-jar) :—কাচের তৈয়ারী একটি বড় পাত্র কোন জিনিসকে ঢাকা দিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। ইহার গোলাকার তলটি ফাঁকা থাকে। ইহার মাথায় একটি ছিপি থাকে। এই ছিপিটি কোন কোন বেলজারে খোলা যায় আবার কোন কোন ক্ষেত্রে খোলা যায় না।

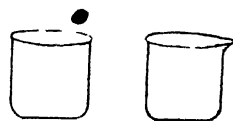
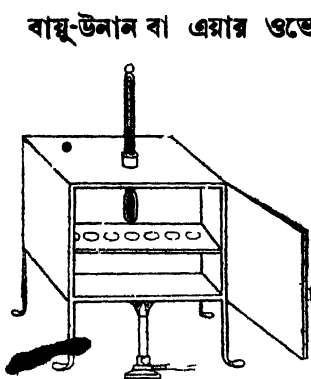
গ্যাস-জার ও ঢাকনি (Gas-jar with lid) :—গ্যাস সংগ্রহ করিয়া রাখিবার পাত্রটির নাম গ্যাস-জার। এই জারটি উপরে ও নীচে সমান ব্যাসের একটি কাচের গ্লাস। সাধারণতঃ গ্যাস ভরিবার সময় জারটি জল ভর্তি করিয়া আর একটি জলভরা পাত্রের উপর উপুড় করিয়া রাখা হয়। এই জলভরা পাত্রটিকে বলা হয় **দ্রোণী** বা **নিউমেটিক ট্রাফ** (Pneumatic Trough)। যে কাচের নলের ভিতর দিয়া গ্যাস জারের ভিতর সঞ্চিত হয় তাহাকে বলে **নির্গম নল বা ডেলিভারী টিউব** (Delivery Tube)। জারটি গ্যাস দ্বারা পূর্ণ হইলে মুখটি একটি চাকতি দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হয়। এই চাকতিটিকে বলে **ঢাকনি** বা **লিড** (lid)।

গ্যাস-জার ও ঢাকনি বন্ধনী ধারক U-নল ত্রিপদ স্ট্যাণ্ড

বন্ধনী বা ক্ল্যাম্প (Clamp) :—কোন যন্ত্রকে স্থিরভাবে ধরিয়া রাখিবার জন্য বন্ধনী ব্যবহৃত হয়। এই বন্ধনীটি একটি লোহার দণ্ডের গায়ে আটকান থাকে।

ধারক বা রিটর্ট স্ট্যাণ্ড (**Retort Stand**) :—ধারকটি লোহার দ্বারা নির্মিত একটি দণ্ড, লোহার একটি পাদপীঠে আটকান থাকে। ইহাকে ঠেকনা হিসাবে ব্যবহার করা হয়। কোন যন্ত্রকে ক্ল্যাম্প দ্বারা আটকাইয়া এই ধারকের গায়ে স্থিরভাবে আটকাইয়া রাখা হয়।

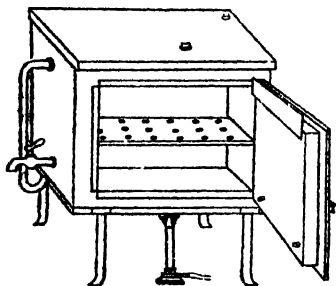
U-নল (**U-tube**) :—এই নলটি দেখিতে U-এর মত। U-নলের মুখের দিকে দুইপাশে দুইটি সরু কাচের নল লাগান থাকে। ইহাদিগকে আগম ও নির্গম নল বলে। কোন গ্যাসীয় পদার্থের তৌলিক গঠন নির্ণয়ের সময় ইহা ব্যবহৃত হয়।

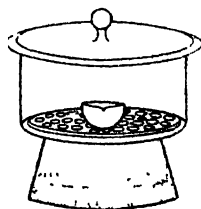
ত্রিপদ স্ট্যাণ্ড বা তেপায়া (**Tripod Stand**): -ইহা লোহার দ্বারা নির্মিত তিন পা বিশিষ্ট একটি টুল বিশেষ। রসায়নাগারে কোন পাত্র উত্তপ্ত করিতে হইলে এই তেপায়ার উপর তারজালি (wire gauge) বসাইয়া ঐ পাত্রকে দীপ দ্বারা গরম করিতে হয়। তারজালির উপর বসাইয়া পাত্র উত্তপ্ত করিলে দীপের শিখা চ্যাপ্টা হইয়া ছড়াইয়া পড়ে। ফলে পাত্রের তলদেশে সকল স্থানে সমানভাবে তাপ লাগে।

বীকার (**Beaker**) :—বীকার দেখিতে কতকটা মোটা গ্লাসের মত তবে ইহার উপরে নীচে ব্যাস প্রায় সমান থাকে। ইহা কাচের তৈয়ারী। তরল পদার্থ রাখিবার জন্য বীকারের ব্যবহার হইয়া থাকে। বীকারের মুখ সাধারণতঃ গোলাকার হয়। কিন্তু তরল পদার্থ ঢালার সুবিধার জন্য কোন কোন বীকারের মুখে সরু নালা (spout) কাটা থাকে।

বীকার মুখযুক্ত বীকার

বায়ু-উনান বা এয়ার ওভেন (**Air Oven**) :—বায়ু উনান একটি তামার প্রকোষ্ঠ। উনানের নীচে বুনসেন দীপ দ্বারা উত্তাপ দিলে উনানের ভিতরকার বায়ু উত্তপ্ত হয়। উত্তপ্ত বায়ুতে ইহার তাপ সৃষ্টি করা হয়। উনানের মাথায় একটি থার্মোমিটার লাগান থাকে। উত্তপ্ত বায়ুর উষ্ণতা থার্মোমিটার দ্বারা মাপা হয়। বুনসেন দীপশিখা নিয়ন্ত্রণ করিয়া উনানের উষ্ণতা কম বেশী করা যায়। বায়ু-উনানের খোপে রাখিয়া আর্দ্র পদার্থকে শুষ্ক করা হয়। যে সব পদার্থ অধিক

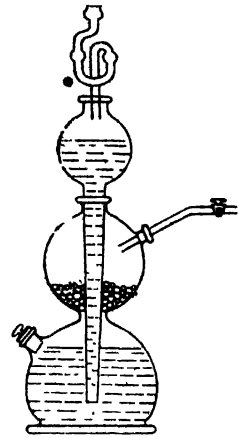
বায়ু-উনান

উষ্ণতা সহ্য করিতে পারে তাহাদের ভিতরকার জল এইভাবে দূরীভূত করা হয়।

বাষ্প-উনান বা স্টীম ওভেন (Steam Oven):—বাষ্প-উনানও একটি তামার প্রকোষ্ঠ। ইহার মধ্যে দুইটি প্রাচীর থাকে ও ইহার গায়ে থাকে একটি দরজা। এই দুই প্রাচীরের মাঝখানে কিছুটা ফাঁক থাকে এবং এই ফাঁকের মধ্যে জলভরা থাকে। বুনসেন দীপ দ্বারা উনানের নীচে উত্তাপ দিলে এই জল ফুটিতে থাকে এবং উপরের একটি ছিদ্রপথ দিয়া বাষ্প হইয়া বাহির হইয়া যায়। বাষ্পের উত্তাপে উনানের ভিতরকার বায়ুও উত্তপ্ত হয়। আর্দ্র পদার্থকে বাষ্প উনানের খোপে রাখিয়া শুষ্ক করা হয়। এই উনানের সুবিধা এই যে, ইহার অভ্যন্তরের উষ্ণতা 100°C-র উপরে উঠিতে পারে না। যে সব পদার্থ অধিক উত্তাপে নষ্ট হইয়া যায় তাহাদের ভিতরকার জল দূর করিবার জন্য বাষ্প উনান ব্যবহৃত হয়।

বাষ্প-উনান

শোষকাধার বা ডেসিকেটার (Desiccator):—পানের ডাবরের মতন দুই খোপযুক্ত কাচের পাত্রকে বলা হয় শোষকাধার। এই যন্ত্রটি কোন কঠিন পদার্থকে শুষ্কীকরণের জন্য এবং তরল পদার্থ নির্জলীকরণের জন্য ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রের নীচের খোপে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড বা ঐ জাতীয় কোন জল-শোষক পদার্থ রাখা হয় এবং যে পদার্থ শুষ্ক করিতে হইবে তাহা উপরের তলায় একটি সছিদ্র থালি বা ঝাঁঝরির উপর রাখিয়া ঢাকনি বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এ্যাসিড প্রথমে পাত্রের ভিতরকার বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া লয়। পরে সেই পদার্থটি হইতে জল বাষ্পীভূত হইয়া বায়ুতে মিশে, এবং সেই বাষ্পও সালফিউরিক এ্যাসিড শোষণ করিয়া লয়। এইভাবে সালফিউরিক এ্যাসিড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, প্রভৃতি জলশোষক পদার্থগুলি শোষকাধারে অন্য পদার্থকে জলমুক্ত করিয়া শুষ্ক করে।

শোষকাধার

কিপের যন্ত্র বা কিপ্‌স্‌ এ্যাপারেটাস্‌ (Kipp's Apparatus):—কিপের

যন্ত্র তিনটি কাচের গোলকের সমন্বয়ে গঠিত। ইহার দুইটি অংশ আছে। নীচের অংশে যে দুইটি গোলক আছে তাহাদের মধ্যে সর্বনিম্নেরটি একটি অর্ধ গোলক। উপরের অংশে আছে আর একটি গোলক। এই গোলকের সঙ্গে সংযুক্ত একটি দীর্ঘনল মধ্য-গোলকের মুখে বায়ুরুদ্ধভাবে শক্ত করিয়া বসানো থাকে। দীর্ঘ নলটি সর্বনিম্ন গোলকের তলা পর্যন্ত প্রবেশ করে। মাঝের গোলকের গায়ে একটি নির্গম নল লাগান থাকে। সর্বনিম্নে অর্ধ গোলকটিতে প্রয়োজনমত এ্যাসিড ইত্যাদি বাহির করিবার জন্য একটি ছিদ্র থাকে। উহা কাচের ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া রাখা হয়। রসায়নাগারে সর্বদা ব্যবহারের জন্য হাইড্রোজেন, হাইড্রোজেন সালফাইড, প্রভৃতি গ্যাস এই যন্ত্রে প্রস্তুত করা হয়। দ্বিতীয় গোলকের নির্গমনল খুলিয়া প্রয়োজনমত গ্যাস সংগ্রহ করিয়া ছিপিটি বন্ধ করিয়া দিতে হয়।

কিপ্ যন্ত্র

Questions (প্রশ্নমালা)

1. Write down the names of some important apparatus of the Laboratory. Mention their uses.

[রসায়নাগারের কতকগুলি প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির নাম লিখ। ইহাদের ব্যবহারের কথা উল্লেখ কর।]

2. How many kinds of Flasks are there ? Sketch the apparatus of each class.

[ফ্লাস্ক কয় প্রকার ? প্রত্যেক ফ্লাস্কের চিত্র অঙ্কন কর।]

3. A substance when heated over a Bunsen Burner, a wire gauge is used ; why ?

[একটি পদার্থকে বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করিবার সময় তারজালি ব্যবহার করা হয় কেন ?]

4. Describe with a diagram the construction of Kipp's Apparatus. Mention its uses.

[কিপ্ যন্ত্রের গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর। ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।]

5. What is meant by dehydration or desiccation ? Describe a Desiccator.

[শুষ্কীকরণ বলিতে কি বুঝ ? শোষকাধারের বর্ণনা দাও।]

6. Describe with diagrams—Air Oven and Steam Oven.

[চিত্রসহ বায়ু উনান ও বাষ্প উনানের বর্ণনা কর।]

৩

সাধারণ পরীক্ষাগার প্রণালী

(Common Laboratory Processes)

দৈনন্দিন জীবনে আমাদের পরিপার্শ্বে বিভিন্ন প্রকারের কার্য-সম্পাদিত হইতেছে। ইহাদের মধ্যে কতকগুলি যান্ত্রিক উপায়ে (mechanical means) সম্পাদিত হইতেছে, আবার কতকগুলি রাসায়নিক উপায়ে (chemical means) সম্পাদিত হইতেছে। কোন একটি কার্য কিরূপে সম্পাদিত হইল তাহা পর্যবেক্ষণের জন্য প্রয়োজন হয় **রসায়ন বীক্ষণাগার** বা **রসায়নাগার** (Chemistry Laboratory)। রসায়ন বিজ্ঞান মূলত পরীক্ষামূলক। পর্য্যবেক্ষণ ও পরীক্ষাদ্বারা রাসায়নিকগণ যে সমস্ত যুক্তিসম্মত সিদ্ধান্তে উপনীত হইয়াছেন সেইগুলিকেই ভিত্তি করিয়া গড়িয়া উঠিয়াছে রসায়ন বিজ্ঞান। সুতরাং ছাত্রদের রসায়নী সম্বন্ধে অনুসন্ধিৎসা বৃদ্ধির জন্য নিম্নে কতকগুলি সাধারণ পরীক্ষাগার প্রণালী (common laboratory process) বর্ণনা করা হইল। সকল প্রকার রাসায়নিক পরীক্ষাতেই এই প্রণালীগুলির কোন না কোন একটির প্রয়োজন হয়।

একটি বীকারে (beaker) কিছু পরিমাণ জল লইয়া উহাতে এক চামচ মাটি ফেলিয়া দিলে দেখা যাইবে জল ঘোলা হইয়াছে এবং মাটির কণাগুলি জলের মধ্যে ভাসমান অবস্থায় রহিয়াছে। বেশ কিছুক্ষণ ঘোলা জলকে স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে দেখা যাইবে যে ভারী কণাগুলি জলের নীচে গিয়া জমিতেছে এবং উপরের জল স্বচ্ছ ও পরিষ্কার হইয়া যাইতেছে।

যে প্রক্রিয়ায় তরল পদার্থের মধ্যে ভাসমান কঠিন পদার্থকে পাত্রের তলায় জমিতে দেওয়া হয়, সেই প্রক্রিয়াকে থিতান (Sedimentation) বলে এবং তলায় পড়া কঠিন পদার্থকে গাদ বা কল্ক (Sediment) বলা হয়।

বর্ষাকালে নদীর জল ঘোলা হয় তাহার কারণ নদীর জলে কাদা, মাটি ভাসমান অবস্থায় থাকে। বায়ুতে ধূলিকণা ভাসমান অবস্থায় থাকে। আবার গ্যাসেও কঠিন ও তরল পদার্থ ভাসমান অবস্থায় থাকিতে পারে। যেমন ধোঁয়া (smoke)—ইহাতে কঠিনের কণা, গ্যাসে ভাসমান অবস্থায় থাকে। কুয়াশা

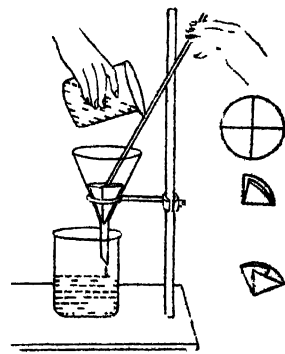
(mist)—ইহাতে তরলের কণা, গ্যাসে ভাসমান অবস্থায় থাকে। ফেনা (foam)—এখানে তরল পদার্থে গ্যাসের কণা ভাসমান অবস্থায় থাকে। যখন কোন পদার্থের সূক্ষ্মকণা তরল বা গ্যাসীয় মাধ্যমের (medium) মধ্যে ভাসমান অবস্থায় থাকে সেই মিশ্রণ অবস্থাকে **প্রলম্বন** (Suspension) বলা হয়।

এখন পূর্বোল্লিখিত ঐ কল্ক বা গাদ (sediment) নিশ্চল রাখিয়া সাবধানে বীকারকে কাত করিয়া স্বচ্ছ জল অপর পাত্রে ঢালিয়া লওয়া যায়। সুতরাং **যে পদ্ধতিতে তরল পদার্থে প্রলম্বিত কঠিন পদার্থকে থিতাইয়া উপরের স্বচ্ছ তরল অন্য পাত্রে ঢালিয়া লওয়া হয় সেই পদ্ধতিকে আস্রাবণ (Decantation) বলা হয়।**

কিন্তু কণাগুলি খুব সূক্ষ্ম হইলে সহজে থিতায় না, ইতস্ততঃ ভাসিয়া বেড়ায়, এই অবস্থায় আস্রাবণ পদ্ধতি সফল হয় না। সেক্ষেত্রে উপাদানগুলি পৃথক করিতে হইলে উহাকে ছাঁকার প্রয়োজন হয়। পৃথক করার অর্থ হইল মিশ্রিত উপাদানগুলি পুনরায় ফিরিয়া পাওয়া। রসায়নাগারে ছাঁকিবার জন্য এক প্রকার অগণিত ছিদ্রযুক্ত কাগজ ব্যবহার করা হয়। ইহাকে **ফিলটার কাগজ** (Filter Paper) বলে। ফিলটার কাগজের ছিদ্র দিয়া পরিষ্কার তরল নীচের পাত্রে চলিয়া যায় এবং ভাসমান কঠিন পদার্থগুলি ফিলটার কাগজে পড়িয়া থাকে। ফিলটার কাগজে যে কঠিন পদার্থ পড়িয়া থাকে তাহাকে **অবশেষ** (Residue) বলে এবং নিম্নের ঐ পরিষ্কার তরল পদার্থকে **পরিস্রুত** (Filtrate) বলে।

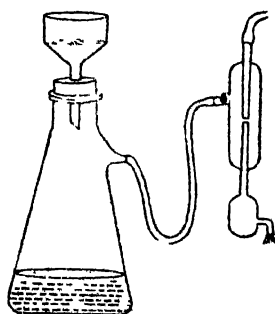
কঠিন ও তরল পদার্থের মিশ্রণ হইতে কোন সুছিদ্র দ্রব্যের সাহায্যে উপাদানগুলি পৃথক করার নাম পরিস্রাবণ (Filtration)।

পরিস্রাবণ

পরীক্ষা :—একটি ফিলটার কাগজকে দুইবার পর পর অর্ধেক ভাঁজ করিয়া তিন ভাঁজ একদিকে ও এক ভাঁজ আর একদিকে লইলে একটি পানের মত গড়ন তৈয়ারী হয়। ইহাকে একটি ফানেলের মধ্যে বসাইয়া কয়েক ফোঁটা জল ফিলটার কাগজের গায়ে দিলে ইহা ফানেলের গায়ে আটকাইয়া যাইবে। ফানেলটি [illegible]রকের আংটায় (ring) বসাইয়া ইহার নীচে একটি পাত্র এমনভাবে রাখা হইল যাহাতে ফানেলের সরু দণ্ড (stem) পাত্রের গায়ে লাগিয়া থাকে

এখন একটি বীকারে খানিকটা জল লইয়া উহাতে কিছু পরিমাণ খড়িমাটি গুঁড়া দিলে দেখা যাইবে যে গুঁড়াগুলি জলে দ্রবীভূত হইবে না এবং জলটি নাড়িয়া দিয়া অনেকক্ষণ অপেক্ষা করিবার পরও সূক্ষ্ম কণাগুলি থিতাইয়া পড়িবে না। এইবার একটি কাচদণ্ডের গা বাহিয়া খড়িমাটি মিশ্রিত জলটি ধীরে ধীরে ফানেলে এমনভাবে ঢালিতে হইবে যাহাতে জলরেখা সব সময়ই ফিলটার কাগজের উপর প্রান্তের একটু নীচেই থাকে। দেখা যাইবে ভাসমান খড়িমাটির কণাগুলি ফিলটার কাগজে আটকাইয়া যাইবে এবং পরিস্রুত জল ফোঁটা ফোঁটা করিয়া নীচের পাত্রে সঞ্চিত হইবে।

এইরূপে চা, দুধ, সরবত প্রভৃতি ছাঁকিবার জন্য গৃহকর্মে কাপড় ব্যবহার করা হয়। চায়ের পাতা, সরবত ও দুধের ময়লা কাপড়ের ছিদ্রে আটকাইয়া যায় এবং পরিষ্কার দ্রবণ নীচে চলিয়া যায়।

তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, কোন কঠিন পদার্থ জলে বা কোন তরল পদার্থে ভাসমান অবস্থায় থাকিলে উপাদানগুলি পৃথক করার জন্য আস্রাবণ (decantation) বা পরিস্রাবণ (filtration) যে কোন একটি উপায় অবলম্বন করিতেই হয়।

***দ্রুত পরিস্রাবণ** (Rapid Filtration):—দ্রুত পরিস্রাবণের জন্য এক বিশেষ ধরণের পরিস্রাবণ যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। ইহাতে সছিদ্র চাকতি যুক্ত একটি বিশেষ ধরণের পোর্সিলেন (Porcelain) দ্বারা নির্মিত ফানেল ব্যবহার করা হয়। একটি গোলাকার ফিলটার কাগজ ফানেলের মধ্যে ছিদ্রগুলির উপর বিছাইয়া দেওয়া হয় ও তরল পদার্থটি ফানেলের মধ্যে ঢালা হয়। রবারের ছিপি দিয়া ফানেলটি ত্রিভুজাকৃতি একটি ফ্লাস্কের সহিত আটকান হয় যাহাতে ফ্লাস্কটি বায়ুরুদ্ধ অবস্থায় থাকে। এই ফানেলকে **বুকনার ফানেল** (Buchner Funnel) ও ঐ ফ্লাস্ককে **বুকনার ফ্লাস্ক** (Buchner Flask) বলে। ফ্লাস্কটির পার্শ্বমুখ একটি রবারের নলের মাধ্যমে একটি ফিলটার পাম্পে এবং ফিলটার পাম্পটি রবারের নল দিয়া একটি

দ্রুত পরিস্রাবণ

* পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে।

জলের কলের মুখে লাগান হয়। এখন কলটি খুলিয়া দিলে, ফিলটার পাম্পের মধ্য দিয়া সবেগে জল বাহির হইতে থাকিবে, ফলে বুকনার ফ্লাস্কের ভিতরের বায়ুর চাপ কমিয়া যাইবে এবং আংশিক শূন্যতা (Partial vacuum) সৃষ্টি হইবে। বাহিরের বায়ুর চাপে তরল পদার্থ দ্রুত ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া ফ্লাস্কের বায়ু শূন্য স্থান আংশিক পূরণ করে। সেইজন্য কমচাপে দ্রুত ফিলটার হয়। এই প্রক্রিয়াকে **অম্লুপ্রেস পরিস্রাবণ** (Vacuum Filtration) **বা নিম্নচাপ পরিস্রাবণ** (Filtration under reduced pressure) বলে। কোন কোন শিল্পে ফিলটার কাগজের পরিবর্তে ক্যানভাস বা কাপড় ব্যবহার করা হয় এবং পরিস্রাবণের জন্য ঐ কাপড়ের মধ্যে চাপিয়া তরল পদার্থকে বাহির করা হয়। যে যন্ত্র এই উদ্দেশ্যে ব্যবহার করা হয় তাহার নাম **ফিলটার প্রেস** (Filter Press)।

এইবার একটি বীকারে কিছু পরিমাণ জল লইয়া উহাতে এক চামচ চিনি ফেলিয়া দিয়া জলটি নিশ্চল রাখিয়া দিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে চিনির দানাগুলি জলের মধ্যে অদৃশ্য হইয়াছে এবং জলের আস্বাদ মিষ্ট হইয়াছে। এই মিষ্টতা নিম্নে অধিক ও উপরে কম বলিয়া মনে হয়। জল ও চিনির মিশ্রণের এই অবস্থাকে **অসমসত্ত্ব** (heterogeneous) মিশ্রণ বলে। এখন বীকারের জলটি নাড়িয়া দিলে অথবা অন্য একটি পাত্রে ঢালিলে দেখা যাইবে যে মিষ্ট আস্বাদ সকল অংশে সমান অর্থাৎ মিশ্রের প্রত্যেক অংশে ইহার উপাদানগুলির অনুপাত একই। মিশ্রণের এই অবস্থাকে **সমসত্ত্ব** (homogeneous) মিশ্রণ বলে।

সাধারণতঃ কঠিন ও তরলের সমসত্ত্ব মিশ্রণের দৃষ্টান্ত প্রচুর পাওয়া যায়। কিন্তু তরল পদার্থে, তরল ও গ্যাসের এবং গ্যাসের সহিত গ্যাসের সমসত্ত্ব মিশ্রণও হইয়া থাকে। সুতরাং **দুই বা ততোধিক পদার্থ যখন একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ সৃষ্টি করে, সেই মিশ্রণকে দ্রবণ** (Solution) **বলা হয়।** যে পদার্থ দ্রবীভূত হয় তাহাকে **দ্রাব** (Solute) এবং যে মাধ্যমে উহা দ্রবীভূত হয় তাহাকে **দ্রাবক** (Solvent) বলে। অতএব

দ্রবণ = দ্রাব + দ্রাবক

Solution = Solute + Solvent

উপরিবর্ণিত উদাহরণে, চিনি দ্রাব, জল দ্রাবক এবং চিনির জল দ্রবণ। চিনি ছাড়া লবণ, তুঁতে, ফটকিরি প্রভৃতি অনেক কঠিন পদার্থ জলে দ্রবণীয়। আবার স্পিরিট, এ্যালকোহল, এ্যাসিড, গ্লিসারিন প্রভৃতি অনেক তরল পদার্থও জলে

দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণ সৃষ্টি করে। অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অকসাইড, এ্যামোনিয়া প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থ জলে দ্রবণ সৃষ্টি করে। জলই একমাত্র দ্রাবক নহে। সাধারণ তরল দ্রাবকের মধ্যে জল অন্যতম। জল ছাড়া এ্যালকোহল, পেট্রল, বেন্‌জিন, কার্বন ডাই-সালফাইড, ইথার প্রভৃতি তরল দ্রাবক আছে। দুই বা ততোধিক গ্যাস সর্বদাই সমসত্ত্ব মিশ্রণে থাকে। সুতরাং উহাদের মিশ্রণকেও দ্রবণ বলা হয়।

সব পদার্থই একই দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না। যেমন, গন্ধক জল ও এ্যাসিডে অদ্রবণীয় কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়, মোম জলে অদ্রবণীয় কিন্তু কেরোসিনে দ্রবণীয়, গালা স্পিরিটে দ্রবণীয়। জলে চিনি, সোডা তুতে ও লবণ অত্যন্ত দ্রবণীয় (highly soluble), কিন্তু চুন, খড়িমাটি জলে সামান্য দ্রবণীয় (Sparingly soluble)। কতকগুলি পদার্থ যাহা বিভিন্ন দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু সব দ্রাবকে সমানভাবে দ্রবীভূত হয় না—যেমন, আয়োডিন (Iodine) জল অপেক্ষা ইথারে অধিক পরিমাণে দ্রবণীয়। নির্দিষ্ট ওজন বা আয়তনের দ্রাবকে দ্রাবের নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্বারা দ্রবণের গাঢ়তা (Concentration) প্রকাশ করা হয়। দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ কম থাকিলে দ্রবণকে **লঘু** (**Dilute**), পরিমাণ বেশী থাকিলে দ্রবণকে **গাঢ়** (**Concentrated**) বলে। মনে রাখিতে হইবে কঠিন ও তরল পদার্থের দ্রবণে তাপ বৃদ্ধি করিলে, দ্রাব দ্রাবকে অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত হয় কিন্তু তাপ কমাইলে দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ কমিয়া যায়। কিন্তু গ্যাস তরল বা গ্যাসীয় পদার্থে দ্রবীভূত থাকিলে তাপ বৃদ্ধির সহিত দ্রাবের পরিমাণ কমিয়া যায়, অপরদিকে চাপ বৃদ্ধির সহিত দ্রাবের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে দ্রবণ* নির্ভর করে—নির্দিষ্ট দ্রাবের উপর, মাধ্যম অর্থাৎ দ্রাবকের উপর এবং উষ্ণতার উপর।

এখন, দ্রবণ হইতে পুনরায় উপাদানগুলি পৃথক করিতে হইলে আস্রাবণ ও পরিস্রাবণ কোন পদ্ধতিই কার্যকরী হয় না। কারণ দ্রবণের মধ্যে উপাদানগুলি এমন অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিয়া থাকে যে দিনের পর দিন দ্রবণ রাখিয়া দিলেও উপাদানগুলি পৃথক হইয়া পড়ে না। সেইজন্য দ্রবণের ক্ষেত্রে নূতন পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয়।

পরীক্ষা :—একটি বেসিনে (basin) অল্প লবণজল লওয়া হইল। বেসিনটি তারজালির উপর রাখিয়া দীপ দ্বারা গরম করিলে দেখা যাইবে জল

* দ্রবণ সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা ১৮ অধ্যায়ে করা হইয়াছে।

বাষ্প হইয়া উড়িয়া যাইতেছে এবং বেসিনে শুষ্ক লবণের দানা জমা হইতেছে। অনেক কঠিন ও তরলের দ্রবণ হইতে এইরূপে কঠিন পদার্থটি ফিরিয়া পাওয়া যায়।

তরল পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়ার নাম বাষ্পীভবন (Vaporisation) এবং গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত পদার্থের নাম বাষ্প (Vapour)। আবার জলীয় বাষ্পকে শীতল করিলে উহা পুনরায় জলে পরিণত হয়। সুতরাং,

বাষ্পীয় পদার্থকে শীতল করিয়া পুনরায় তরলে পরিণত করার পদ্ধতিকে বলা হয় ঘনীভবন (Condensation)।

পূর্বের পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে লবণ-জলকে তাপ দিয়া কেবলমাত্র লবণ সংগ্রহ করা যায় কিন্তু জল বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়। কিন্তু যদি লবণ-জলের জলকে বাষ্পীভবন করিয়া পুনরায় সেই বাষ্পকে শীতল করিয়া জলে পরিণত করা যায় তাহা হইলে দ্রাব ও দ্রাবক উভয়কেই ফিরিয়া পাওয়া যায়। এই প্রক্রিয়াকে পাতন প্রক্রিয়া বলে।

যে পদ্ধতিতে কোন তরল পদার্থকে উত্তাপের সাহায্যে বাষ্পে পরিণত করিয়া সেই বাষ্পকে শীতল করিয়া পুনরায় তরলে পরিণত করা হয় সেই পদ্ধতিকে পাতন (Distillation) বলে। সুতরাং কোন তরলকে পাতন করিতে হইলে বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন উভয় প্রক্রিয়াই প্রয়োগ করিতে হয়।

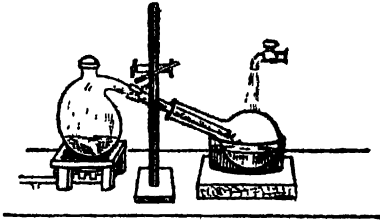
অর্থাৎ **পাতন = বাষ্পীভবন + ঘনীভবন**

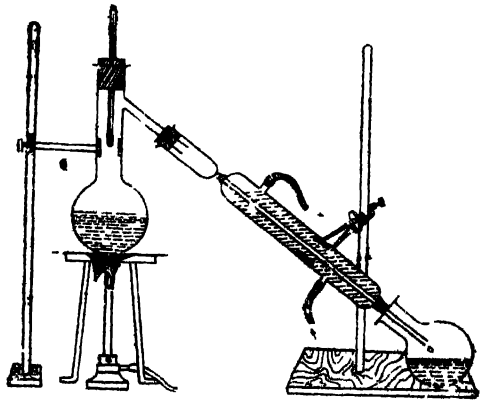
distillation = vaporisation + condensation

পাতন প্রক্রিয়ায় যে তরল পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে **পাতিত (distilled)** তরল বলে। সেইজন্য জলকে পাতন করিলে বিশুদ্ধ হইয়া যায় এবং এই বিশুদ্ধ জলকে **পাতিত জল** (distilled water) বলে। পাতন করিবার জন্য বিশেষ ধরণের যন্ত্র ব্যবহার করা হয়।

পরীক্ষা :—একটি বকযন্ত্রে (Retort) খানিকটা জল লইয়া তাহার মধ্যে কয়েক দানা পটাশিয়াম পার্ম্যাঙ্গানেট ফেলিয়া দিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই পার্ম্যাঙ্গানেটের দানাগুলি জলের মধ্যে অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিয়া যাইবে এবং দ্রবণটির রং গোলাপী হইবে। বকযন্ত্রটি ধারকের (holder) সাহায্যে তারজালির উপর বসাইয়া ইহার লম্বা মুখটি একটি গোলাকার-তল ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করান হইল।

এই গোলাকার-তল ফ্লাস্কটিকে (Round bottom flask) বলে **গ্রাহক** (Receiver)। এই ফ্লাস্কটি একটি বড় জলভরা দোনীর (Trough) উপরে ভাসাইয়া দেওয়া হয় এবং ফ্লাস্কটির উপর ঠাণ্ডা জলধারা বর্ষণ করা হয়। এরূপ ব্যবস্থার পর দ্রবণটিকে দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়।

প্রথমে বকযন্ত্রে জল বাষ্পে পরিণত হইবে এবং সেই বাষ্প লম্বা মুখটির ভিতর দিয়া গ্রাহকের ভিতর আসিবে। কিন্তু ঐ গ্রাহক ফ্লাস্কের শীতলতায় বাষ্প শীতল হইয়া আবার জলে পরিণত হইয়া গ্রাহকে জমা হইবে। গ্রাহকে সঞ্চিত জলকে **পাতিত জল** (Distilled Water) বলে। এইভাবে গোলাপী রংয়ের দ্রবণ হইতে কেবলমাত্র জল বাষ্পে পরিণত হইয়া গ্রাহকে স্বচ্ছ ও বর্ণহীন জলে পরিণত হইবে এবং বকযন্ত্রে পড়িয়া থাকিবে পটাশিয়াম পার্ম্যাঙ্গানেটের কঠিন দানা।

বকযন্ত্রে পাতন

পাতনক্রিয়া সুন্দরভাবে সম্পন্ন করিবার জন্য বিজ্ঞানী লাইবিগ একটি যন্ত্র আবিষ্কার করেন। তাঁহার নামানুসারে এই যন্ত্রটিকে বলা হয় **লাইবিগ শীতক** (Liebig's Condenser)। এই শীতকটির (Condenser) মধ্যস্থলে একটি সরু কাচনল (glass tube) থাকে ও উহাকে ঘিরিয়া আরেকটি মোটা কাঁচনল আবরনীরূপে (Jacket) থাকে। ভিতরের নল ও জ্যাকেটের মাঝখানে বেশ খানিকটা ফাঁকা থাকে এবং জ্যাকেটটির দুই প্রান্তভাগে দুইটি পার্শ্বনল থাকে।

লাইবিগ শীতকে পাতন

এই পার্শ্বনল দুইটিতে লাগান থাকে দুইটি রবারের টিউব। জ্যাকেটের নীচের ছিদ্রে লাগান রবার টিউবটি একটি জলের কলের সঙ্গে লাগান হয়। কলের

জল এই টিউবটির ভিতর দিয়া আবরনী নলে প্রবেশ করে, এবং নলটির মধ্যে পরিভ্রমণ করিয়া উত্তপ্ত জলরূপে উপরের পার্শ্বনল দিয়া বাহির হইয়া যায়।

পাতনীয় তরল পদার্থ একটি পাতন ফ্লাস্কে (distilling flask) লওয়া হয়। পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্বনলটি শীতকটির সহিত সংযুক্ত করা হয় এবং ইহার শীর্ষ থার্মোমিটার যুক্ত একটি কর্কের সাহায্যে বন্ধ করা হয়। থার্মোমিটার দ্বারা উষ্ণতা মাপা হয়। এখন পাতন ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করিলে ফুটন্ত তরল পদার্থ হইতে উৎপন্ন বাষ্প, পার্শ্বনল পথে লাইবিগ শীতকে প্রবেশ করে ও তথায় আবরনীর শীতল জল প্রবাহের সংস্পর্শের জন্য, শীতল হইয়া পুনরায় তরল হয় এবং শীতকের অপর পার্শ্বে রক্ষিত গ্রাহকে (Reciever) জমা হয।

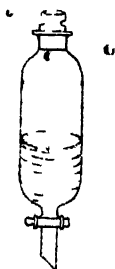
আস্রাবণ ও পরিস্রাবণ পদ্ধতির তুলনা

১। প্রলম্বিত কঠিন পদার্থকে থিতাইয়া আস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করা যায়।	১। প্রলম্বিত কঠিন পদার্থকে পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করা যায়।
২। আস্রাবণ পদ্ধতিতে প্রলম্বিত ভারী কঠিন পদার্থ পৃথক করা সম্ভব, কিন্তু সূক্ষ্ম কণা পৃথক করা খুবই কষ্টকর, অতি ক্ষুদ্র কণা আদৌ পৃথক করা যায় না।	২। পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে প্রলম্বিত ভারী ও সূক্ষ্ম সব রকম কণাই পৃথক করা সম্ভব।
৩। আস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করিতে অনেক সময় প্রয়োজন।	৩। পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করিতে কম সময়ের প্রয়োজন।

বাষ্পীভবন ও পাতন পদ্ধতির তুলনা

১। তরল পদার্থের বাষ্পে রূপান্তরিত হওয়ার নাম বাষ্পীভবন।	১। তরল পদার্থকে উত্তাপের সাহায্যে বাষ্পে পরিণত করিয়া সেই বাষ্পকে ঘনীভবন দ্বারা পুনরায় তরল করার নাম পাতন।
২। বাষ্পীভবনে দ্রবণ হইতে কেবলমাত্র কঠিন পদার্থকেই সংগ্রহ করা যায়।	২। পাতন দ্বারা দ্রবণ হইতে কঠিন ও তরল উভয়কেই সংগ্রহ করা যায়।
৩। বাষ্পীভবনের জন্য যে কোন খোলা পাত্র ব্যবহার করা চলে।	৩। পাতনের জন্য বিশেষ ধরনের যন্ত্রের প্রয়োজন হয়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড এবং জল পরস্পর মিশ্রিত করিলে একটি তরল পদার্থ উৎপন্ন হয় এবং দেখা যায় তরল পদার্থটিতে উপাদান দুইটি পরস্পর অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিয়া গিয়াছে। ইহাকে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলে দ্রবণ (solution of Hydrogen peroxide in water) বলা হয়। এইরূপে এ্যালকোহল ও জল, গ্লিসারিন ও জল এক একটি মিশ্রিত দ্রবণ উৎপন্ন করিতে পারে। এইরূপ তরল পদার্থগুলিকে **মিশ্রণীয় তরল** (Miscible liquids) বলা হয়। মিশ্রণীয় তরল পদার্থ যে কোন অনুপাতে মিশ্রিত হইয়া দ্রবণ সৃষ্টি করিতে পারে। এইরূপ মিশ্রণীয় তরল পদার্থের দ্রবণ হইতে উপাদানগুলি পৃথক করিবার জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি আছে। উহাদের মধ্যে একটির নাম **নিষ্কাশন** (Extraction)। নিষ্কাশন করিবার জন্য একটি বিশেষ ধরণের যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রটিকে **পৃথকীকরণ ফানেল** বা **বিচ্ছেদক ফানেল** (Separating Funnel) বলা হয়।

[পৃথকীকরণ ফানেলটি দেখিতে অনেকটা ডিম্বাকৃতি এবং ইহার তলায় একটি লম্বা নল আছে। ফানেলের পাত্রের মুখে নলটি একটি কাচের ছিপি দিয়া আঁটা থাকে। এই ছিপিটি ঘুরাইয়া নলটি খোলা যায় ও বন্ধ করা যায়। ফানেলের মাথায় আর একটি ছিপি আছে উহার দ্বারা ফানেলটি বন্ধ করা যায়।]

নিষ্কাশন

পরীক্ষা :—একটি পৃথকীকরণ ফানেলে কিছু পরিমাণ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ লইয়া দ্রবণের সম আয়তন ইথার (ether) মিশান হইল। ফানেলের মুখ ছিপি বন্ধ করিয়া মিশ্রণটি উত্তমরূপে ঝাঁকাইয়া ধারকের সাহায্যে ফানেলটি স্থিরভাবে রাখিয়া দেওয়া হইল। ইথার জলে বিশেষ দ্রবীভূত হয় না, অপরদিকে হাইড্রোজেন পারক্সাইড জল অপেক্ষা ইথারে অধিক পরিমাণে দ্রবণীয়। ফলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড জল হইতে ইথারে দ্রবীভূত হইবে এবং জল পৃথক হইয়া যাইবে। সুতরাং কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে জল এবং ইথার ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ দুইটি স্তরে বিভক্ত হইয়াছে। ইথার জল অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া ইথারের স্তর উপরে থাকিবে এবং নীচের স্তরে জল থাকিবে। এখন ফানেলের নীচের ছিপিটি খুলিয়া দিয়া জল অপসারণ করিয়া লইলে ফানেলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও ইথারের দ্রবণ পড়িয়া থাকিবে। ফানেল হইতে দ্রবণটি একটি বেসিনে ঢালিয়া উন্মুক্ত রাখিয়া দিলে, ইথার বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যাইবে এবং পাত্রে

হাইড্রোজেন পারক্সাইড পড়িয়া থাকিবে। এই পরীক্ষায় ইথার নিষ্কাশকের কাজ করিল।

আবার কতকগুলি তরল পদার্থ আছে, তাহাদের পরস্পর একত্র করিলে দ্রবীভূত হয় না—বিভিন্ন স্তরে পৃথক হইয়া থাকে উহাদের **অমিশ্রণীয় তরল** (**Immiscible liquids**) বলা হয়। যেমন, জলের সহিত তৈল বা পারদ মিশাইলে উহারা দ্রবীভূত হয় না দুইটি স্তরে পৃথক হইয়া থাকে। উহাদের ক্ষেত্রেও পৃথকীকরণ ফানেল দ্বারা মিশ্রিত তরল পৃথক করা যায়। একাধিক তরল পদার্থ মিশ্রিত না হইয়া যদি বিভিন্ন স্তরে পৃথক হইয়া থাকে তাহা হইলে পৃথকীকরণ ফানেল দ্বারা উপাদানগুলি নিষ্কাশন করা সুবিধাজনক।

আবার কোন কঠিন পদার্থের মিশ্রণ হইতে একটি তরল দ্রাবক দ্বারা কঠিন উপাদানগুলি পৃথক করা যায়।

প্রশ্ন :—How will you separate Sulphur from Sand in a mixture of the two? । গন্ধক ও বালির মিশ্রণ হইতে কিরূপে পরস্পরকে পৃথক করিবে।

উত্তর :—গন্ধক ও বালির মিশ্রণটি একটি পাত্রে লওয়া হইল। ঐ মিশ্রণে কিছু পরিমাণ কার্বন ডাই-সালফাইড মিশাইয়া উত্তমরূপে ঝাঁকান হইল। গন্ধক কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয় কিন্তু বালি হয় না। এখন ফিলটার কাগজের সাহায্যে পরিস্রাবণ করিলে কার্বন ডাই-সালফাইডে গন্ধকের দ্রবণ গ্রাহকে সঞ্চিত হয় এবং ফিলটার কাগজে বালি পড়িয়া থাকে। পরিস্রুতটি উন্মুক্ত রাখিয়া দিলে কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায় এবং পাত্রে গন্ধক পড়িয়া থাকে।

এই পরীক্ষায় তরল কার্বন ডাই-সালফাইড দ্বারা গন্ধক ও বালির মিশ্রণ হইতে গন্ধক নিষ্কাশিত করা হইল। সুতরাং

কোন একটি দ্রবণ অথবা মিশ্রণ হইতে অন্য একটি দ্রাবকের (solvent) সাহায্যে একটি উপাদান পৃথক করার পদ্ধতিকে নিষ্কাশন (Extraction) বলা হয়।

। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, দুই বা ততোধিক গ্যাস সর্বদাই সমসত্ত্ব মিশ্রণে থাকে। সুতরাং গ্যাসীয় মিশ্রণকেও গ্যাসের দ্রবণ বলা হয়। এখন এই গ্যাসীয় দ্রবণ হইতে উপাদানগুলি পৃথক করিবার জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি আছে। নিম্নে উহাদের কয়েকটি পরীক্ষা বর্ণনা করা হইল।

। বিশদভাবে না পড়িলেও চলিবে।

১। এ্যামোনিয়া ও অক্সিজেন গ্যাস মিশ্রিত থাকিলে, মিশ্রণটি প্রথমে জলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করা হয়। এ্যামোনিয়া জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়; কিন্তু অক্সিজেন জলে অতি স্বল্প দ্রবণীয়। ফলে উপাদান দুইটি পৃথিক হইয়া যায়। প্রাপ্ত অক্সিজেনকে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের সাহায্যে শুষ্ক করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করিলে শুষ্ক অক্সিজেন পাওয়া যায়। অপরদিকে এ্যামোনিয়া মিশ্রিত জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে, এ্যামোনিয়া-গ্যাস পুনরায় নির্গত হয়। উহাকে পোড়া চুনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয় এবং পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

২। নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস মিশ্রিত থাকিলে, মিশ্রণটি প্রথমে কষ্টিক পটাশ দ্রবণের মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড কষ্টিক পটাশ দ্রবণে শোষিত (absorbed) হয় কিন্তু নাইট্রোজেন অবিকৃত থাকে। ফলে উপাদান দুইটি পৃথক হইয়া যায়। প্রাপ্ত নাইট্রোজেন গ্যাসকে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করিলে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক নাইট্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়। অপরদিকে কষ্টিক পটাশ দ্রবণে শোষিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে অতিরিক্ত লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড যোগ করিলে পুনরায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উদ্ভূত হয়। উহাকেও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করিলে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়।

৩। সালফার ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ থাকিলে, মিশ্রণটি প্রথমে হিমমিশ্রে (freezing mixture) নিমজ্জিত একটি ইউ-টিউবের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিলে, সালফার ডাই-অক্সাইড সহজেই তরলীভূত (liquefaction) হয় কিন্তু হাইড্রোজেন তরলীভূত হয় না। ফলে উপাদান দুইটি পৃথক হইয়া যায়। প্রাপ্ত হাইড্রোজেনকে পারদের উপর সংগ্রহ করিলে শুষ্ক অবস্থায় পাওয়া যায়। তরল সালফার ডাই-অক্সাইডকে বাষ্পীভবন করিলে, পুনরায় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে উদ্ভূত হয় এবং উহাকে পারদের উপর সংগ্রহ করিলে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় পাওয়া যায়।

প্রশ্ন :—You are given a glass of river water. What are the impurities generally present in it ? What procedures will you adopt to obtain pure water from the sample of river water ? [তোমাকে এক গ্লাস নদীর জল দেওয়া হইল। এই জলে

সাধারণতঃ কি কি কলুষ পদার্থ থাকিতে পারে ? এই নদীর জল হইতে কি কি প্রক্রিয়ার দ্বারা বিশুদ্ধ জল পাইবে ?]

উত্তর :—নদীর জলে সাধারণতঃ ভাসমান অবস্থায় ধূলিকণা, বালি, মাটি প্রভৃতি থাকে, দ্রবীভূত অবস্থায় সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি নানাপ্রকার ধাতব লবণ ও কার্বন ডাই-অক্সাইড ও বায়ু প্রভৃতি গ্যাস এবং রোগের জীবাণু থাকে।

এই জলকে বিশুদ্ধ করিতে হইলে প্রথমে গ্লাসটিকে নিশ্চল রাখিয়া দিলে অদ্রাব্য ভারী বস্তু—মাটি, বালি প্রভৃতি থিতাইয়া যাইবে। ইহাকে আস্রাবিত করিয়া ফুটাইলে দ্রবীভূত অবস্থায় গ্যাসীয় পদার্থগুলি বাষ্প হইয়া উড়িয়া যাইবে এবং রোগের জীবাণুও মরিয়া যাইবে। পরে ইহাকে পাতন ফ্লাস্কে লইয়া পাতন করিলে পাতিত জল গ্রাহকে জমা হইবে এবং দ্রবীভূত লবণগুলি ফ্লাস্কে পড়িয়া থাকিবে। এই পাতিত জলকে পুনঃ পাতন (re-distillation) করিলে জল সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ হইবে।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. Explain the following—Sedimentation, Decantation, Filtration, Distillation and Extraction.

[নিম্নলিখিতগুলি ব্যাখ্যা কর—থিতান, আস্রাবণ, পরিস্রাবণ, পাতন ও নিষ্কাশন।]

2. Describe with a diagram how Postassium Permanganate can be obtained from its solution in water.

[পটাশিয়াম পার্ম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবণ হইতে কিরূপে পটাশিয়াম পার্ম্যাঙ্গানেট পাওয়া যায় তাহার সচিত্র বর্ণনা দাও।]

3. Distinguish between the Processes—"decantation and filtration," "distillation and vaporisation."

["আস্রাবণ ও পরিস্রাবণ", "পাতন ও বাষ্পীভবন" পদ্ধতির তুলনা কর।]

4. How will you separate common salt from sand in a mixture of the two ?

[লবণ ও বালির মিশ্রণ হইতে কিভাবে পরস্পরকে পৃথক করিবে ?]

5. What do you mean by solute, solvent and solution ? A glass of ganges water and a glass of copper sulphate

solution are placed side by side on a table. Explain the changes that you will find after some hours in the two kinds of liquids.

[দ্রাব, দ্রাবক ও দ্রবণ বলিতে কি বুঝ ? এক গ্লাস গঙ্গাজল এবং এক গ্লাস তুঁতে জল পাশাপাশি টেবিলের উপর রাখা হইল। কয়েক ঘণ্টা পরে এই দুই প্রকার তরলের মধ্যে কি পরিবর্তন দেখিবে তাহা ব্যাখ্যা কর।]

6. নিম্নলিখিত বাক্যগুলির মধ্যস্থ অমুক্তিগুলি উপযুক্ত শব্দ দ্বারা পূরণ কর :—

(ক) গন্ধক — ও — অদ্রবণীয়, কিন্তু — দ্রবণীয়।

(খ) আয়োডিন — অপেক্ষা — অধিক দ্রবণীয়।

(গ) জলই একমাত্র দ্রাবক নহে। জল ছাড়া — প্রভৃতি পদার্থগুলি তরল দ্রাবকের অন্তর্ভুক্ত।

(ঘ) তরল পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়ার নাম — এবং গ্যাসীয় অবস্থার রূপান্তরিত পদার্থের নাম —।

(ঙ) যে প্রক্রিয়ায় তরলের মধ্যে — —পদার্থকে পাত্রের তলায় জমিতে দেওয়া হয়, সেই প্রক্রিয়াকে — বলে।

৪

পদার্থ এবং ইহার অবস্থা পরিবর্তন

(Matter and its change of state)

দৈনন্দিন জীবনে আমাদের পরিপার্শ্বে যে সকল বিভিন্ন দ্রব্য দৃষ্টিগোচর হয়, তাহাদের প্রত্যেকটিরই নিজস্ব আকার ও গঠনের দ্বারা অপরাপর দ্রব্য হইতে তাহাদের পৃথক করিয়া চেনা যায়। এই সকল দ্রব্যকে **বস্তু** (substance) বলে। এই বৈচিত্র্যময় জগতের চতুর্দিকে নানা বস্তুর সমাবেশ, তাহাদের কেহ কঠিন, কেহ তরল, আবার কেহবা গ্যাসীয়। কাহাকেও চোখে দেখা যায়, কাহাকেও বা স্পর্শ দ্বারা অনুভব করা যায়।

রসায়নাগারে বিভিন্ন আকারের বস্তু দেখিতে পাওয়া যায়—যেমন বীকার, ফানেল, ফ্লাস্ক, পরীক্ষা-নল ইত্যাদি। আকারের বিভিন্নতার ফলে আপাতদৃষ্টিতে ইহারা বিভিন্ন প্রকার বস্তু বলিয়া মনে হয়। কিন্তু বস্তুগুলি সকলেই একই পদার্থ হইতে প্রস্তুত—এই পদার্থটি হইতেছে কাচ। কাচ হইতে রাসায়নিক যন্ত্রপাতিও হয়, আবার আরশি, আলমারিও হয়। ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য বস্তুর এই উপাদানকে **পদার্থ** (matter) বলে।

পৃথিবীতে পদার্থ বিভিন্ন প্রকারের আছে। কিন্তু প্রত্যেক প্রকার পদার্থেরই কতকগুলি গুণ থাকিবে। যেমন, (১) পদার্থমাত্রই ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য হইবে ও (২) কিছু পরিমাণ স্থান অধিকার করিয়া থাকিবে, (৩) উহার ভার থাকিবে ও (৪) উহার মধ্যে গতিবেগ সঞ্চারিত করা যাইবে।

আবার, পদার্থের তিন প্রকার অবস্থার অস্তিত্ব আছে—**কঠিন, তরল ও গ্যাস।** এই অবস্থাগুলি তাপ ও চাপের তারতম্যের উপর নির্ভর করে। পদার্থের আকার ও আয়তন সম্বন্ধে কতকগুলি বৈশিষ্ট্য দেখা যায়।

কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন আছে।

উদাহরণ স্বরূপ, একটি চৌকনা লোহার টুকরা ধরা যাক। ইহার নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন আছে। বহুদিন রাখিয়া দিলেও ইহার আকার ও আয়তনের কোন পরিবর্তন হইবে না। গরম করিলে আয়তন সামান্য বাড়িবে, কিন্তু ঠাণ্ডা করিলেই আয়তন আবার আগের মতন হইবে। খুব বেশী চাপ প্রয়োগ করিলেও ইহার আয়তন বিশেষ কমানো যাইবে না।

তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন আছে, কিন্তু নির্দিষ্ট আকার নাই।

তরল পদার্থ যখন যে পাত্রে থাকে তারই আকার ধারণ করে। 1000 c. c. জল গ্লাসে রাখিলে ইহা গ্লাসের আকার ধারণ করিবে, থালায় রাখিলে থালার আকার, বাটিতে রাখিলে বাটির আকার ধারণ করিবে। কিন্তু আয়তন সব সময়ই 1000 c. c. থাকিবে। এমন কি খুব বেশী চাপ দিয়াও ইহার আয়তনের বিশেষ পরিবর্তন ঘটানো যাইবে না।

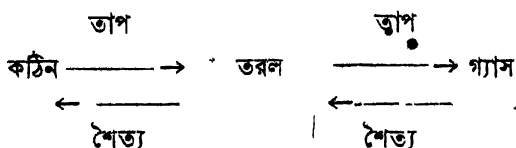
গ্যাসীয় পদার্থের কোন নির্দিষ্ট আকারও নাই, আয়তনও নাই।

গ্যাসীয় পদার্থ যখন যে পাত্রে রাখা যায় তারই আকার ধারণ করে এবং সেই পাত্রটি সম্পূর্ণ ভরিয়া রাখে। একটি ছোট বেলুনের গ্যাস বড় বেলুনে প্রবেশ করাইলে গ্যাসের আকার ও আয়তন হইবে বড় বেলুনের মত। চাপ দিয়া গ্যাসের আয়তন অনেক কমানো যায়। সেইজন্য একটি বড় পাত্রের গ্যাস চাপ দিয়া ছোট পাত্রে ভরা যায়, কিন্তু একটি বড়গ্লাসের জল ছোট গ্লাসে ভরা যায় না।

পদার্থের কোন স্থায়ী অবস্থা নাই। পৃথিবীর স্বাভাবিক তাপে এক এক রকম পদার্থকে এক এক রকম অবস্থায় পাওয়া যায়। স্বাভাবিক অবস্থায় লোহা, দস্তা, রূপা প্রভৃতি কঠিন পদার্থ, পারদ, জল, এ্যালকোহল প্রভৃতি তরল পদার্থ, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থ। কিন্তু কোন কঠিন পদার্থকে উত্তপ্ত করিতে থাকিলে উহার উষ্ণতা ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইয়া শেষে গলিয়া তরল হইয়া যায়। তরল পদার্থকে ক্রমশঃ উত্তপ্ত করিতে থাকিলে উহার উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইয়া বাষ্পে পরিণত হয়।

পরীক্ষা—একটি বীকারে কয়েক টুকরা বরফ লইয়া খোলা অবস্থায় রাখিয়া দিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই দেখা যাইবে যে সমস্ত বরফ গলিয়া জল হইয়াছে। এখন এই জলকে উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে জল বাষ্পে পরিণত হইতেছে। এই বাষ্পকে শীতল করিলে পুনরায় জলে পরিণত হইবে এবং আরও শীতল করিলে জল বরফে রূপান্তরিত হইবে।

প্রকৃতিতে পদার্থের অবস্থা-পরিবর্তন প্রতিনিয়তই চলিতেছে। রৌদ্রের তাপে খাল, বিল, নদী, সমুদ্রের জল প্রভৃতি বাষ্প হইয়া আকাশে উঠিতেছে এবং শীতল হইয়া মেঘরূপে জমা হইতেছে এবং আরও শীতল হইয়া তরল বৃষ্টিরূপ ধারণ করিতেছে। কখনও কখনও মেঘ অতিমাত্রায় শীতল হইয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হয় এবং শিলারূপে বর্ষিত হয়। কাজেই বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প একই পদার্থ—জলের অবস্থা ভেদ ব্যতীত আর কিছুই নয়। কেবলমাত্র

জল নহে, প্রায় সমস্ত পদার্থকেই কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় এই তিন অবস্থায় পাওয়া যায়।

লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে পদার্থের এই অবস্থান্তর যে-কোন উষ্ণতায় সম্ভব নহে। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, প্রত্যেক বিশুদ্ধ কঠিন পদার্থ এক একটি বিশেষ উষ্ণতায় পৌছিলে উহা গলিতে আরম্ভ করে এবং যতক্ষণ না সমস্ত কঠিন পদার্থটি সম্পূর্ণভাবে গলিয়া যায়, ততক্ষণ এই উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হয় না, সম্পূর্ণ তরল হইয়া যাইলে তখন আবার উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইতে থাকে।

যে উষ্ণতায় কোন কঠিন পদার্থ তরল পদার্থে পরিণত হয় সেই উষ্ণতাকে সেই পদার্থের গলনাংক (Melting Point) বলে। কঠিন হইতে তরলে রূপান্তরের গতিকে বলা হয় গলন (Fusion or Melting)।

আবার কোন তরল পদার্থকে ক্রমশঃ ঠাণ্ডা করিতে থাকিলে উহার উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিতে থাকিবে এবং একটি বিশেষ উষ্ণতায় উহা কঠিন হইতে আরম্ভ করিবে। উহা সম্পূর্ণভাবে কঠিন না হওয়া পযন্ত উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিবে। অতএব,

যে উষ্ণতায় কোন তরল পদার্থ কঠিন পদার্থে পরিণত হয় সেই উষ্ণতাকে সেই পদার্থের হিমাংক (Freezing Point) বলে। তরল হইতে কঠিন পদার্থে রূপান্তরের গতিকে বলা হয় হিমায়ন (Freezing)।

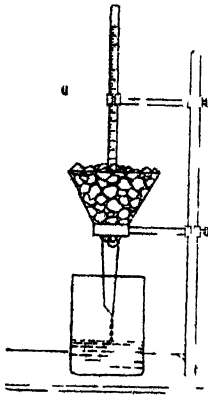
পরীক্ষা করিয়া আরও দেখা গিয়াছে যে, প্রত্যেক পদার্থের গলনাংক ও হিমাংক সব সময়ে সুনির্দিষ্ট এবং একই পদার্থের গলনাংক ও হিমাংক এক। পার্থক্য শুধু অবস্থার গতি। বরফ 0°C উষ্ণতায় গলিয়া জলে পরিণত হয় আবার বিশুদ্ধ জলও 0°C উষ্ণতায় জমিয়া বরফে পরিণত হয়।

গলনাংক ও হিমাংক বস্তুর উপর নির্ভর করে, আয়তনের উপর নির্ভর করে না। একসের বা দশ মণ বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া জলে পরিণত না হওয়া পর্য্যন্ত ইহার উষ্ণতা 0°C স্থির থাকিবে। হিমায়নের বেলায়ও একই রূপ হইবে।

আজকাল অধিকাংশ গ্যাসকেও তরল এমন কি কঠিন পদার্থে পরিণত করা হইতেছে। অদৃশ্য বায়ুকে অধিক চাপ ও শৈত্যের প্রভাবে প্রথমে তরল বায়ু এবং তরল বায়ুকে আরও শীতল করিয়া কঠিন বায়ুতে রূপান্তরিত করা যায়।

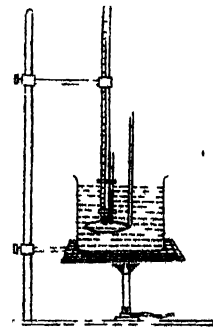
বরফের গলনাংক নির্ণয় :

(Determination of Melting Point of Ice)

বরফের গলনাংক নির্ণয়

পরীক্ষা :—একটি লোহার দণ্ডে আংটা লাগাইয়া ইহার মধ্যে একটি ফানেল বসান হইল। একটি থার্মোমিটার ক্ল্যাম্প দিয়া আটকাইয়া ফানেলের মধ্যে আলগাভাবে ঝুলাইয়া দেওয়া হইল। পারদভরা বালবটির চারিদিকে পরিষ্কার ধৌত বরফের গুঁড়া এমনভাবে চাপিয়া দেওয়া হইল যেন বালবটি বরফের মধ্যে থাকে। বরফ গলিয়া জল হইলে ফানেলের নীচে রক্ষিত পাত্রে জমা হইবে। থার্মোমিটারের পারদ শৈত্যে ক্রমশঃ সঙ্কুচিত হইয়া নামিতে নামিতে 0 C-এ আসিয়া স্থির হইবে এবং যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত বরফ গলিয়া জল হইতেছে, ততক্ষণ পর্যন্ত উষ্ণতা 0 C-তে স্থির হইয়া থাকিবে। অতএব 0 C বরফের গলনাংক এবং জলের হিমাংক।

মোমের গলনাংক নির্ণয় :

(Determination of Melting Point of Wax)

পরীক্ষা :—কৈশিক নল প্রক্রিয়া (Capillary Tube Method) : একটি কাচের নলকে গরম অবস্থায় টানিয়া **কৈশিক নলে** (**Capillary Tube**) পরিণত করা হইল। এই নল হইতে প্রায় দুই ইঞ্চি লম্বা একটি টুকরা ভাঙ্গিয়া তাহার একমুখ বার্ণারে গলাইয়া বন্ধ করা হইল। ছুরি দিয়া চাঁচিয়া মোমের গুঁড়া এই নলে ভর্তি করা হইল। এইবার একটি থার্মোমিটারের বালবের সহিত কৈশিক নলটি রবারের আংটা দিয়া আটকাইয়া একটি জলভর্তি বীকারে এমন-ভাবে ডোবানো হইল যাহাতে কৈশিক নলের খোলামুখ সর্বদা জলের উপরে থাকে, কিন্তু নলের ভিতরের মোম যেন সর্বদা জলের মধ্যে থাকে। এই অবস্থায় থার্মোমিটারটি একটি ধারকের (Retort Stand) সহিত আটকান হইল। বীকারটিকে তারজালির উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে

মোমের গলনাংক নির্ণয়

উত্তপ্ত করা হইল এবং একটি কাচনল দিয়া আলোড়ন করা হইল। থার্মোমিটারের দিকে লক্ষ্য রাখিলে দেখা যাইবে 52°C—56°C উষ্ণতার মধ্যে মোম গলিতে আরম্ভ করিয়াছে এবং অস্বচ্ছ কঠিন মোম স্বচ্ছ তরলে পরিণত হইয়াছে। এই সময়ে মনে হইবে কৈশিক নলে কিছুই নাই। উষ্ণতা লক্ষ্য রাখিয়া দীপটি সরাইয়া লওয়া হইল। কিছুক্ষণের মধ্যে অস্বচ্ছ তরল মোম জমিয়া কঠিন মোমে পরিণত হইবে। অস্বচ্ছ তরল মোম যে উষ্ণতায় কঠিনে পরিণত হইল তাহা লক্ষ্য করা হইল। এই দুই উষ্ণতার গড় মোমের গলনাংক হইবে। এই দুই উষ্ণতার গলনাংক ও হিমাংকের পার্থক্য $\frac{1}{2}$°C-এর বেশী হয় না।

কঠিন পদার্থের বিশুদ্ধতা গলনাংক দ্বারা নির্ণীত হয়। সমস্ত পদার্থ টুকু একটি নির্দিষ্ট গলনাংকে গলিলে বুঝিতে হইবে যে পদার্থটি বিশুদ্ধ আছে। মিশ্রিত পদার্থের কোন নির্দিষ্ট গলনাংক নাই।

বাষ্পায়ন ও স্ফুটন ঃ

(Evaporation and Boiling or Ebulition)

তরল পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়ার নাম **বাষ্পীভবন** (**evaporisation**) এবং গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত পদার্থের নাম **বাষ্প** (**vapour**)। যে কোন উষ্ণতায় শুধু তরল পদার্থের পৃষ্ঠদেশ হইতে তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হইতে থাকিলে তাহাকে **বাষ্পায়ন** (**evaporation**) বলা হয়।

পরীক্ষা :—খানিকটা কার্বন ডাই-সালফাইড (Carbon di-sulphide) একটি বাষ্পীকরণ থালিতে (evaporating dish) রাখিয়া দিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া গিয়াছে।

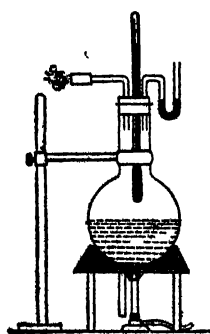
এই পরিবর্তন শুধু তরল পদার্থের উপরিতলেই সংঘটিত হয়, ভিতরের অংশ ইহাতে কোন ভূমিকাই গ্রহণ করে না। ইহা স্বতঃস্ফূর্ত। সুতরাং পৃষ্ঠদেশের ক্ষেত্রফল যত বেশী হইবে, বাষ্পায়নের হারও তত বেশী হইবে। এজন্য একটি চোঙ্গলের জল বাষ্পীভূত হইতে অনেক বেশী সময় লাগে। বাষ্পায়ন যে-কোন উষ্ণতাতেই হওয়া সম্ভব। কিন্তু উষ্ণতা যত বেশী হয় বাষ্পায়নও তত দ্রুত হইতে থাকে অবশ্য বায়ুর চাপের তারতম্যে বাষ্পায়ন ক্রিয়া হ্রাস-বৃদ্ধি হয়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরল পদার্থের সকল অংশ থেকেই দ্রুত গতিতে বাষ্প উঠিতে থাকিলে, তাহাকে **স্ফুটন** (**boiling or ebulition**) বলে। একটি পাত্রে খানিকটা জল লইয়া তাপ দিতে থাকিলে কিছু সময় পরে জলীয় বাষ্পের বুদবুদ নীচ হইতে উপর অবধি উঠিতে থাকিবে এবং অবশেষে উহার

সমস্ত অংশই ফুটিতে থাকিবে এবং উহা দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইতে থাকিবে। **যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে একটি তরল পদার্থ ফুটিতে থাকে এবং বাষ্পে পরিণত হয় সেই উষ্ণতাকে ঐ তরল পদার্থের স্ফুটনাংক (Boiling Point) বলে।**

বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের তুলনা

বাষ্পায়ন	স্ফুটন
১। বাষ্পায়ন মন্থর পদ্ধতি। ইহার হার উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধি পায়।	১। স্ফুটন দ্রুত পদ্ধতি। ইহার হার উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধি পায় না।
২। বাষ্পায়ন কেবলমাত্র তরলের পৃষ্ঠদেশ হইতেই সম্পন্ন হয়।	২। স্ফুটন তরলের সমস্ত অংশই বাষ্পে পরিণত করে।
৩। বাষ্পায়ন সব উষ্ণতাতেই হইতে পারে।	৩। স্ফুটন একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ঘটিয়া থাকে।

জলের স্ফুটনাংক নির্ণয়ঃ
(Determination of Boiling Point of Water)

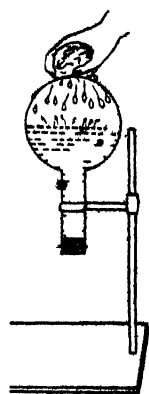
পরীক্ষা ঃ—একটি ফ্লাস্কে অর্ধেক পরিমাণ জল ভর্তি করিয়া তিনটি ছিদ্রযুক্ত ছিপি দ্বারা মুখটি আটকান হইল। একটি ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার প্রবিষ্ট করান হইল এবং অপর দুইটি ছিদ্র দিয়া একটি সরু সমকোণ কাচের নল এবং একটি U-নল প্রবিষ্ট করান হইল। লক্ষ্য রাখিতে হইবে পারদ ভরা বালবটি জলের কাছাকাছি থাকিলেও যেন জল স্পর্শ না করে এবং সমকোণ নলটি জলের অনেক উপরে থাকে। U-নলের বাহিরের দিকের খোলা মুখ দিয়া কিছু পরিমাণ পারদ উহার মধ্যে এমনভাবে ঢালা হইল যাহাতে নলের দুইদিকেই পারদের তল সমান থাকে। এখন U-নলটি বাষ্পের চাপমান যন্ত্রের (manometer) কাজ করিবে। ফ্লাস্কটি ধারকের সাহায্যে তারজালির উপর বসাইয়া দীপশিখায় উত্তপ্ত করিলে প্রথমে জলে দ্রবীভূত বায়ু ছোট ছোট বুদবুদাকারে উপরে উঠিতে থাকিবে। জল আরও উত্তপ্ত হইলে পাত্রের নীচের দিকে জলীয় বাষ্পের ছোট ছোট বুদবুদ গঠিত হইয়া উপর দিকে উঠিবে, কিন্তু সেগুলি ঠাণ্ডা জলের সংস্পর্শে আসিয়া মিলাইয়া যাইবে। আরও খানিকক্ষণ

জলের স্ফুটনাংক নির্ণয়

পরে জলীয় বাষ্পের বুদ্‌বুদ্ নীচ হইতে উপরে উঠিতে থাকিবে এবং জলের মধ্যে একরকম শব্দ হইবে। ইহারই নাম **স্ফুটন** (boiling)। জল ফুটিবার সময় থার্মোমিটারের পারদ বাড়িতে বাড়িতে প্রায় 100°C-এর নিকট স্থির হইয়া থাকে এবং সমস্ত জল বাষ্পে পরিণত না হওয়া পর্য্যন্ত পারদ একই উষ্ণতায় স্থির থাকিবে। উহাই জলের স্ফুটনাংক। থার্মোমিটারের গায়ে বাষ্প লাগিলে যাহাতে উষ্ণতা দেখিতে অসুবিধা না হয় এবং বাষ্প যাহাতে বাহির হইয়া যাইতে পারে সেইজন্য সমকোণ কাচের নলটি লাগান হয়। U-নলের পারদ উভয় অংশে একই উচ্চতায় থাকে বলিয়া ভিতরের বাষ্পীয় চাপ ও বাহিরের বায়ুর চাপ সমান থাকে।

লক্ষ্য রাখিতে হইবে প্রত্যেক পদার্থের স্ফুটনাংক সব সময়ে সুনির্দিষ্ট থাকে। এক ছটাক বা এক মণ যত জলই ফুটাইয়া বাষ্প করা হউক না কেন—স্ফুটনের সময় জলের উষ্ণতা সব সময়ে 100°C-তে স্থির থাকিবে।

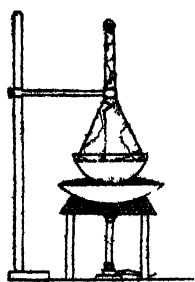
জলের স্ফুটনাংক বায়ুর চাপের উপর নির্ভর করে বলিয়া উষ্ণতা সব সময় 100°C হয় না। জলের উপর চাপ বৃদ্ধি করিলে স্ফুটনাংকও বৃদ্ধি পায় এবং চাপ কমাইলে স্ফুটনাংক কমিয়া যায়। জলের বাষ্পীয় চাপ ও বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান হইলে জল 100°C-য়ে ফুটিতে থাকে। পর্বত চুড়ায় বায়ুর চাপ কম বলিয়া সেখানে 100°C-এর কম উষ্ণতাতেই জল ফুটিতে থাকে। সেইরূপ খনির মধ্যে অধিক উষ্ণতায় জল ফুটিতে থাকে।

কম চাপে স্ফুটন

পরীক্ষা :—অর্ধেক জলে পূর্ণ একটি ফ্লাস্ক উত্তপ্ত করিয়া দ্রুত জল ফুটান হইল। জল স্ফুটনের ফলে ফ্লাস্কের ভিতরের বায়ু বাহির হইয়া গেল। এখন তাপ দেওয়া বন্ধ করিয়া ছিপিদ্বারা ফ্লাস্কের মুখটি আঁটিয়া ধারকের সাহায্যে ফ্লাস্কটিকে উল্টাইয়া রাখা হইল। ফ্লাস্কটির উপর খানিকটা ঠাণ্ডা জল ঢালিয়া দেওয়া হইল। তাপ দেওয়া বন্ধ করাতে জলের স্ফুটন বন্ধ হইয়াছিল কিন্তু পাত্রের উপর জল ঢালার পর দেখা যাইবে ফ্লাস্কের জল আবার ফুটিতে আরম্ভ করিয়াছে। কারণ ফ্লাস্কটি উপুড় করিয়া রাখায় জলের উপরি অংশে শুধু জলীয় বাষ্প ছিল। তখন জলের উপর যে চাপ পড়ে তাহা ঐ বাষ্পের চাপের সমান। পাত্রের উপরে জল ঢালায় শৈত্যের প্রভাবে কিছু বাষ্প জমিয়া যায় ফলে বাষ্পের চাপ কমিয়া যায়। কম চাপে জলের স্ফুটনাংকও কম হয়। সুতরাং জল আবার ফুটিতে আরম্ভ করে।

যে সকল পদার্থ স্বাভাবিক তাপে বা সামান্য তাপে সহজেই বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে উদ্বায়ী (volatile) পদার্থ বলে। যেমন, নিশাদল, কর্পূর, আয়োডিন, ইথার, স্পিরিট, ইত্যাদি। **যে সকল পদার্থ তাপে বাষ্পে পরিণত হয় না তাঁহাদিগকে অনুদ্বায়ী (non-volatile) পদার্থ বলে।** যেমন, চিনি, লবণ, কাঠ, ইত্যাদি।

সাধারণতঃ তাপের প্রভাবে কঠিন পদার্থ প্রথমে তরল এবং পরে সেই তরল বাষ্পে পরিণত হয়। কিন্তু কতকগুলি কঠিন পদার্থ আছে যেমন, কর্পূর, আয়োডিন প্রভৃতি যাহারা তাপের প্রভাবে প্রথমে তরলে পরিণত না হইয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় এবং সেই বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে পুনরায় কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। এই সকল কঠিন পদার্থকে খোলা অবস্থায় বাতাসে রাখিয়া দিলে বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়। কতকগুলি তরল পদার্থও আঁছে যেমন, স্পিরিট, ইথার, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতি যাহাদের খোলা অবস্থায় রাখিয়া দিলে বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়।

যে পদ্ধতিতে কোন কঠিন পদার্থ তাপের প্রভাবে তরলে পরিণত না হইয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় এবং সেই বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিয়া সরাসরিভাবে সেই কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায় সেই পদ্ধতিকে ঊর্ধ্বপাতন প্রণালী (Sublimation) বলে। যে পদার্থকে ঊর্ধ্বপাতিত করিয়া পাওয়া যায় তাহাকে উৎক্ষেপ (Sublimate) বলে।
এই প্রক্রিয়ার দ্বারা উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী কঠিন পদার্থকে পৃথক করা যায়।

পরীক্ষা :—কর্পূর ও বালুর মিশ্রণ পৃথকীকরণ (To separate a mixture of sand and camphor)—একটি পোর্সিলেন বেসিনে বালু ও কর্পূরের মিশ্রণটি লইয়া উহার উপর একটি ফানেল উপুড করিয়া দেওয়া হইল। ফানেলের সরু মুখটি তুলা দ্বারা বন্ধ করিয়া ফানেলের গায়ে ভিজা ফিলটার কাগজ জড়াইয়া দেওয়া হইল। ফানেলসহ বেসিনটি একটি বালি গাহের (sand bath) উপর বসাইয়া দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হইল। কিছুক্ষণের মধ্যেই সমস্ত কর্পূর উৎক্ষিপ্ত হইয়া উপরে ঠাণ্ডা পাওয়ার জন্য ফানেলের গায়ে জমা হইবে এবং বেসিনে পড়িয়া থাকিবে বালুগুলি।

ঊর্ধ্বপাতন

আয়োডিন, কর্পূর, নিশাদল প্রভৃতি উদ্বায়ী কঠিন পদার্থের সহিত বালি বা খড়িমাটি মিশ্রিত থাকিলে উহাদের এইরূপ ঊর্ধ্বপাতন প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায়।

মনে রাখিতে হইবে যে কেবলমাত্র উদ্বায়ী পদার্থকেই ঊর্ধ্বপাতন করা যায়, অনুদ্বায়ী পদার্থের ঊর্ধ্বপাতন সম্ভব নয়। কিন্তু সব উদ্বায়ী পদার্থকেই ঊর্ধ্বপাতন করা যায় না। যেমন, জল, স্পিরিট প্রভৃতি উদ্বায়ী পদার্থ—কিন্তু ইহাদের ঊর্ধ্বপাতন সম্ভব নয়।

পূর্বের অধ্যায়ে বলা হইয়াছে যে, কোন কঠিন পদার্থ কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত হইলে, দ্রাব ও দ্রাবক পৃথক করার জন্য পাতন-পন্থা অবলম্বন করিতে হয়। কিন্তু কোন উদ্বায়ী কঠিন পদার্থ দ্রাবকে দ্রবীভূত হইলে পাতন দ্বারা পৃথক করা যায় না। কারণ উত্তাপে দ্রাবক বাষ্পীভূত করিবার সময় উদ্বায়ী পদার্থও তাপের প্রভাবে বাষ্পীভূত হয় এবং পুনরায় গ্রাহকে কঠিন পদার্থের দ্রবণ পাওয়া যায়। এইক্ষেত্রে পৃথকীকরণ ফানেল দ্বারা উদ্বায়ী কঠিন পদার্থকে নিষ্কাশন করা হয়।

প্রশ্ন :—How can you separate Iodine from its solution in water ? [আয়োডিনের জলীয় দ্রবণ হইতে কিরূপে আয়োডিন পৃথক করিবে ?]

উত্তর :—হাল্কা বাদামী বর্ণের আয়োডিনের জলীয় দ্রবণটি একটি পৃথকীকরণ ফানেলে লওয়া হইল এবং উহাতে সমআয়তন কার্বন ডাই-সালফাইড মিশ্রিত করা হইল। ফানেলের মুখে ছিপি বন্ধ করিয়া দ্রবণটি উত্তমরূপে ঝাঁকাইয়া ধারকের আংটায় স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে দেখা যাইবে দ্রবণটি দুইটি স্তরে বিভক্ত হইয়াছে। নীচের স্তরটি বেগুনী বর্ণের (Violet) এবং উপরের স্তরটি স্বচ্ছ। কারণ আয়োডিন জল অপেক্ষা কার্বন ডাই-সালফাইডে অধিক দ্রবণীয় এবং কার্বন ডাই-সালফাইড জলে বিশেষ দ্রবীভূত হয় না। ফলে আয়োডিন জল ত্যাগ করিয়া কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হইবে এবং উহার বর্ণ হইবে বেগুনী। দ্রবণ জল অপেক্ষা ভারী বলিয়া উহা নীচে থাকিবে। অপরদিকে আয়োডিন অপসারিত হওয়ায় জল বর্ণহীন হইবে এবং হাল্কা বলিয়া উপরের স্তরে থাকিবে। এখন ফানেলের নীচের ছিপিটি খুলিয়া বেগুনী বর্ণের দ্রবণটি বাষ্পীভবন থালিতে (evaporating dish) ঢালিয়া লইলে ফানেলে পড়িয়া থাকিবে স্বচ্ছ জল। কার্বন ডাই-সালফাইড উদ্বায়ী বলিয়া উহা অল্পক্ষণের মধ্যেই বাষ্প হইয়া উড়িয়া যাইবে এবং পাত্রে পড়িয়া থাকিবে শুধু কঠিন আয়োডিনের দানা।

এই পরীক্ষাটিতে কার্বন ডাই-সালফাইডের পরিবর্তে ইথার ব্যবহার করা যায়। ইথার ও আয়োডিনের দ্রবণের বর্ণ হইবে গাঢ় বাদামী (dark brown) এবং ইথার জল অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া উপরের স্তরে থাকিবে।

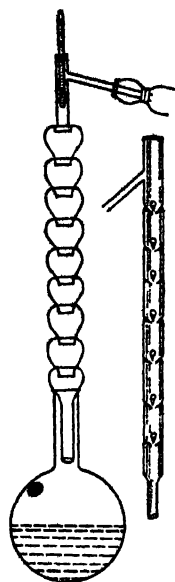
আগের অধ্যায়ে বলা হইয়াছে যে, একটি অনুদ্বায়ী কঠিন একটি তরলে দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে পাতন পন্থায় পৃথক করা যায়। আবার দুই বা ততোধিক অমিশ্রণীয় তরল (immiscible liquids) পদার্থ মিশ্রিত থাকিলে পৃথকীকরণ ফানেল দ্বারা উপাদানগুলি পৃথক করা যায়। অনেকক্ষেত্রে দুইটি মিশ্রণীয় তরল পদার্থ (miscible liquids) মিশ্রিত থাকিলে নিষ্কাশন-পন্থা দ্বারা উপাদানগুলি পৃথক করা যায়। সাধারণতঃ দুই বা ততোধিক মিশ্রণীয় তরল পদার্থ একটি দ্রবণ সৃষ্টি করিলে **আংশিক পাতন (Fractional Distillation)** প্রক্রিয়ায় উপাদানগুলি পৃথক করা হয়।

বিভিন্ন তরল পদার্থ বিভিন্ন উষ্ণতায় ফুটিতে থাকে অর্থাৎ প্রত্যেকটি তরলের স্ফুটনাংক বিভিন্ন। যেমন, জলের স্ফুটনাংক 100°C, ইথারের স্ফুটনাংক 35°C, বেন্‌জিনের স্ফুটনাংক 80°C, এ্যানিলিনের স্ফুটনাংক 183°C, ইত্যাদি। ধরা যাক দুইটি মিশ্রণীয় তরল পদার্থের দ্রবণে উপাদানগুলির স্ফুটনাংকের ব্যবধান বেশী। এই দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে দেখা যায় উষ্ণতা যখন কম-স্ফুটনাংকবিশিষ্ট উপাদানের স্ফুটনাংক হইতে সামান্য বেশী হয় তখন দ্রবণটি ফুটিতে থাকে। কিন্তু সেইসময় কম-স্ফুটনাংকবিশিষ্ট উপাদানই কেবলমাত্র বাষ্পে পরিণত হইতে থাকে বেশী-স্ফুটনাংকবিশিষ্ট উপাদান তরল অবস্থাতেই থাকে। কম-স্ফুটনাংকবিশিষ্ট উপাদান একেবারে নিঃশেষিত হইলে অবশিষ্ট অংশের উষ্ণতা ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইতে থাকে। উষ্ণতা যখন দ্বিতীয় উপাদানের স্ফুটনাংকের সমান হয় তখন উহাও বাষ্পে পরিণত হইতে থাকে।

পরীক্ষা:—একটি পাতন ফ্লাস্কে (distilling flask) কিছু ইথার (স্ফুটনাংক 35°C) ও এ্যানিলিনের (স্ফুটনাংক 183°C) মিশ্রণ লইয়া লাইবিগ শীতকের সহিত সংযুক্ত করা হইল এবং দীপ দ্বারা ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করা হইল। উষ্ণতা 35°C পৌছাইলে, ইথার পাতিত হইয়া বরফে রক্ষিত শীতল গ্রাহকে জমা হইবে। এই উষ্ণতায় এ্যানিলিন উত্তপ্ত হইলে স্ফুটনে কোন অংশ গ্রহণ করে না। সমস্ত ইথার নিঃশেষিত হইলে শুধু এ্যানিলিন অবশেষরূপে পাতন ফ্লাস্কে পড়িয়া থাকিবে। গ্রাহক বদলাইয়া ফ্লাস্কটিকে আবার উত্তপ্ত করিলে 183°C উষ্ণতায় এ্যানিলিল পাতিত হইয়া দ্বিতীয় গ্রাহকে জমা হইবে।

এই পরীক্ষায় প্রথম অংশে (First fraction) ইথার ও দ্বিতীয় অংশে (Second fraction) এ্যানিলিন পাওয়া যায়। কিন্তু তরল উপাদান দুইটার স্ফুটনাংকের প্রভেদ খুব কম হইলে প্রথম অংশে দ্বিতীয় উপাদানের কিছু অংশ থাকিয়া যায়। যেমন বেন্‌জিন মিশ্রিত জল (বেন্‌জিনের স্ফুটনাংক 80°C, জলের

স্ফুটনাংক 100°C) উত্তপ্ত করিলে 80°C তাপে বেন্‌জিন বাষ্পীভূত হইয়া প্রথম গ্রাহকে জমা হইবে কিন্তু ইহার সহিত সামান্য জলীয় বাষ্পও জমা হইবে। এইক্ষেত্রে আংশিক পাতনের প্রথম অংশটিকে পুনরায় আংশিক পাতন করিতে হয়। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য আংশিক পাতন-নল (Fractionating Column) ব্যবহার করিতে হয়।

আংশিক পাতন

আংশিক পাতন-নলের পার্শ্বমুখ একটি গ্রাহকযুক্ত লাইবিগ শীতকে লাগান হয়। ইহার ফলে, উত্তপ্ত বাষ্প প্রথমে আংশিক পাতন-নলের মধ্যে শীতল হইবার প্রচুর স্থান পায় এবং উচ্চ স্ফুটনাংকের তরল পদার্থটির বাষ্প ঘনীভূত হইয়া ফ্লাস্কে ফিরিয়া আসে। কিন্তু কম স্ফুটনাংকের তরল পদার্থটির বাষ্প ঘনীভূত না হইয়া শীতকের ভিতর দিয়া গ্রাহকে জমা হয়। এই যন্ত্রের সাহায্যে চার, পাঁচটি তরল উপাদান একত্র মিলিত হইলে তাহাদের স্ফুটনাংকের বিভিন্নতার সুযোগ লইয়া আংশিক পাতনের সাহায্যে পৃথক করা যায়।

পরীক্ষা :—ইথার, বেন্‌জিন, জল ও এ্যানিলিনের দ্রবণ আংশিক পাতন-নলে লইয়া তাপ দেওয়া হইল। 35°C তাপে ইথার বাষ্পীভূত হইবে, 80°C তাপে বেন্‌জিন, 100°C তাপে জল ও 183°C তাপে এ্যানিলিন বাষ্পীভূত হইবে। অতএব প্রথম অংশে ইথার, দ্বিতীয় অংশে বেন্‌জিন, তৃতীয় অংশে জল এবং চতুর্থ অংশে এ্যানিলিন পাওয়া যাইবে।

কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ (**Crystallisation**) :—কতকগুলি কঠিন পদার্থ আছে যাহা দেখিতে খুব সুন্দর, স্ফটিকের ন্যায় জ্যামিতিক আকারবিশিষ্ট। যেমন, তুঁতে, লবণ, ফট্‌কিরি, নিশাদল প্রভৃতি। আবার এমন কতকগুলি কঠিন পদার্থ আছে যাহার নির্দিষ্ট কোন আকার নাই। যেমন, চুন, খড়িমাটি, প্রভৃতি।

জ্যামিতিক আকারবিশিষ্ট কঠিন পদার্থের নাম কেলাস বা স্ফটিক

(Crystal) **এবং আকৃতিগত বৈশিষ্ট্যহীন পদার্থকে অকেলাস** বা **অনিয়তাকার বস্তু** (Amorphous substance) **বলে**।

যে প্রক্রিয়ার সাহায্যে কেলাস বা স্ফটিক তৈরী করা হয়, তাহাকে **কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ** (crystallisation) বলে। বিভিন্ন পদার্থের স্ফটিক বিভিন্ন আকারের হয়। যেমন, লবণের স্ফটিকের ছয়টি সমতল পীঠ, ফটকিরির আটটি, আবার কোনটি ত্রিশিরা, কোনটি পিরামিডের মত, ইত্যাদি। সাধারণতঃ একটি

ফটকিরি কোয়ার্জ কাপড় কাচার সোডা খাদ্য লবণ এপসাম লবণ

পদার্থ একটি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারে কেলাসিত হয় কিন্তু গন্ধক (sulphur), কার্বন ইত্যাদি দুই বা ততোধিক আকারে কেলাসিত হয়। ইহাদিগকে **দ্বিরূপ** (dimorphous), **ত্রিরূপ** (trimorphous) স্ফটিক বলে। কোন একটি পদার্থের স্ফটিকগুলি বিভিন্ন আয়তনের হইতে পারে, কিন্তু তাহাদের আকার সর্বদা এক হয়। কতকগুলি স্ফটিক আবার রঙীনও হয়। যেমন—তুঁতের স্ফটিক নীলাভ, হিরাকসের স্ফটিক সবুজ, ইত্যাদি। যে সমস্ত পদার্থ জলে দ্রবীভূত হয় তাহাদের স্ফটিক খুব সহজেই প্রস্তুত করা যায়।

পরীক্ষা :—একটি বীকারে কিছু পরিমাণ জল লইয়া তাহাতে অল্প অল্প তুঁতে চূর্ণ দিয়া ক্রমাগত কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়িতে থাকিলে তুঁতেগুলি জলের মধ্যে দ্রবীভূত হইবে। এইভাবে আরও কিছু তুঁতে যোগ করিবার পর যখন দেখা যাইবে অল্প তুঁতে চূর্ণ নীচে পড়িয়া আছে তখন বীকারটিকে তারজালির ওপর বসাইয়া উত্তপ্ত করিলে তুঁতে চূর্ণগুলি জলে দ্রবীভূত হইবে। এখন এই তপ্ত দ্রবণে আরও কিছু তুঁতে চূর্ণ দিয়া, ভালভাবে কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়িয়া দ্রবণটি গরম অবস্থায় পরিস্রুত করিলে অদ্রবীভূত তুঁতে চূর্ণগুলি পৃথক হইতে থাকিবে। পরিস্রুতটি ঠাণ্ডা হইতে দিলে কয়েক ঘণ্টা পরে দেখা যাইবে বীকারের নীচে তুঁতের সুন্দর নীলাভ স্ফটিক পড়িয়া রহিয়াছে। বীকারের তরল পদার্থ ঢালিয়া ফেলিয়া স্ফটিকগুলি ব্লটিং কাগজে মুছিয়া শুকাইয়া লওয়া হয়। অবশিষ্ট এই তরলকে **শেষদ্রব** (mother liquor) বলে।

উত্তপ্ত দ্রবণ দ্রুত ঠাণ্ডা করিলে যে স্ফটিক পাওয়া যায় তাহার আকার বেশী বড হয় না। বড স্ফটিক পাইতে হইলে দ্রবণটি খুব ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করিতে হয়। সূতায় বাঁধিয়া ছোট ছোট স্ফটিক দ্রবণের মধ্যে ঝুলাইয়া রাখিলে এবং দ্রবণটি সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হইতে দিলে স্ফটিকের আকার ক্রমশঃ বড হয়।

কোন কোন কঠিন পদার্থকে উত্তাপে গলাইয়া আবার ঠাণ্ডা করিলেই সেই পদার্থের স্ফটিক পাওয়া যায়।

পরীক্ষা :—একটি চীনামাটির মুছিতে (crucible) খানিকটা গন্ধক লইয়া তাপ দিয়া গলান হইল। বিগলিত গন্ধকসহ পাত্রটি ঠাণ্ডায় রাখিয়া দিলে গন্ধকের উপর একটি কঠিন সর পডিবে। কিছুক্ষণ পবে কাচের দণ্ড দিয়া সরটিতে একটি ছিদ্র করা হইল। তখনও যেটুকু গন্ধক তরল অবস্থায় থাকিবে তাহা অন্য পাত্রে ঢালিয়া ফেলা হইল। দেখা যাইবে সরের নীচে লম্বা আকারের ঝালরের মত গন্ধকের স্ফটিক গডিয়া উঠিয়াছে।

আয়োডিন, কর্পূর, নিশাদল প্রভৃতি উদ্বায়ী কঠিন পদার্থকে ঊর্ধ্বপাতনের সাহায্যে স্ফটিকে পরিণত করা যায়।

* **আংশিক কেলাসন** (**Fractional Crystallisation**) :—দুই বা ততোধিক কঠিন দ্রাব একই দ্রাবকে দ্রবীভূত কবিলে দ্রবণটি শীতল করিবার সময় দেখা যায়—যে দ্রাবটির (solute) দ্রবীভূত হইবার ক্ষমতা কম উহা প্রথমে স্ফটিকে পরিণত হয়। এখন স্ফটিকগুলি পরিস্রাবণ কবিয়া পরিস্রুতটি আরও শীতল করিলে অপর দ্রাবটির স্ফটিক বাহির হইয়া আসে। এইরূপে দুই বা ততোধিক মিশ্র পদার্থ হইতে উপাদানগুলি পৃথক করা যায়। এই পদ্ধতিকে আংশিক কেলাসন (Fractional Crystallisation) বলা হয়।

পরীক্ষা :—10 গ্রাম সাদা সোরা ও নীল তুঁতের মিশ্রণ একটি বীকারে লইয়া 10 c. c. জল মিশাইয়া মিশ্রণটি উত্তাপের সাহায্যে দ্রবীভূত করা হইল। মনে রাখিতে হইবে, তুঁতে সোরা অপেক্ষা জলে অধিক দ্রাব্য। এখন দ্রবণটি শীতল করিতে থাকিলে সোরার সাদা স্ফটিক আগে বাহির হইবে এবং নীলবর্ণের শেষ দ্রবে তুঁতে দ্রবীভূত থাকিবে। পরিস্রাবণের দ্বারা সোরার স্ফটিক পৃথক করা হইল। এখন সংশ্লিষ্ট তুঁতে হইতে মুক্ত করিবার জন্য অল্প জল দিয়া স্ফটিকগুলি ধুইয়া পুনঃকেলাসন (Re-crystallisation) করিলে বিশুদ্ধ সোরার স্ফটিক পাওয়া যায়। এইবার শেষদ্রবটি আরও শীতল করিলে তুঁতের স্ফটিক পাওয়া যাইবে।

* পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. নিম্নে এক একটি প্রক্রিয়ার জন্য কয়েকটি কারণ বলা হইল, উহাদের মধ্যে যেটি সঠিক তাহা বল :—

		তাপের উপর
(ক)	তরল পদার্থের স্ফুটনাংক নির্ভর করে—	চাপের উপর
		আয়তনের উপর
(খ)	কঠিন পদার্থের গলনাংক নির্ভর করে—	পদার্থের উপর
		আয়তনের উপর
(গ)	একসের জলকে বরফে পরিণত করিলে বরফের—	ওজনের পরিবর্তন হয়
		আয়তনের পরিবর্তন হয়

2. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর কেবলমাত্র 'হাঁ' বা 'না' দ্বারা প্রকাশ কর :—

(ক) সব উদ্বায়ী পদার্থকে কি ঊর্ধ্বপাতন করা যায় ?

(খ) কর্পূর ও নিশাদলের মিশ্রণকে ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা পৃথক করা যায় ?

(গ) তুঁতের জলীয় দ্রবণ হইতে পাতন দ্বারা তুঁতে পৃথক করা যায় ?

(ঘ) আয়োডিনের জলীয় দ্রবণ হইতে আয়োডিন পাতন দ্বারা পৃথক করা যায় ?

(ঙ) গ্যাসীয় পদার্থকে শৈত্যের প্রভাবে তরল করা যায় ?

3 নিম্নলিখিত বাক্যগুলির মধ্যস্থ অযুক্তিগুলি উপযুক্ত শব্দ দ্বারা পূরণ কর :

(ক) বিশুদ্ধ জল — জমে এবং — ফুটিতে থাকে।

(খ) কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট — ও — আছে। তরল পদার্থের নির্দিষ্ট — আছে, কিন্তু নির্দিষ্ট — নাই। গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট — ও — নাই।

(গ) তরল পদার্থের পৃষ্ঠদেশ হইতে তরল পদার্থ — পরিণত হইতে থাকিলে তাহাকে — বলা হয়। কিন্তু নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরল পদার্থের সকল অংশ হইতেই দ্রুত গতিতে — উঠিতে থাকিলে — বলা হয়।

(ঘ) যে সকল পদার্থ স্বাভাবিক তাপে বা সামান্য তাপে সহজেই —পরিণত হয় তাহাদিগকে — পদার্থ বলে। যে সকল পদার্থ — — পরিণত হয় না তাহাদিগকে — পদার্থ বলে।

4. Define matter. What are the three states of matter? How are they related? Give examples.

[পদার্থের সংজ্ঞা বল। পদার্থের তিনটি অবস্থা কি কি ? তাহাদের মধ্যে কিরূপ সম্বন্ধ ? উদাহরণ দাও।]

5. In what Particular respect do solids, liquids and gases differ from one another ?

[কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে প্রধান পার্থক্য কি ?]

6. What do you understand by Melting and Freezing, Melting Point and Freezing Point of a substance ? How would you determine the melting Points of ice and wax ?

[গলন ও হিমায়ন এবং কোন পদার্থের গলনাংক ও হিমাংক বলিতে কি বুঝ ? কিরূপে বরফের ও মোমের গলনাংক নির্ণয় করিবে ?]

7. Is there any difference between Melting Point and Freezing Point of a substance ? What will be the temperatures when (i) water begins to freeze, (ii) water boils and (iii) ice begins to melt ?

[কোন পদার্থের গলনাংক ও হিমাংকের মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি ? (ক) জল জমিয়া বরফ হইতে আরম্ভ করে, (খ) জল ফুটিতে থাকে এবং (গ) বরফ গলিয়া জল হইতে আরম্ভ করে তখন উষ্ণতা কত হইবে ?]

8. What do you mean by Boiling Point of liquid ? What are the differences between evaporation and ebulition?

[তরলের স্ফুটনাংক বলিতে কি বুঝ ? বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের পার্থক্য কি ?]

9. Explain fully what is meant by sublimation. You are given a mixture of sand and camphor, how would you separate them ?

[ঊর্ধ্বপাতন কাহাকে বলে বিশদ ভাবে বুঝাইয়া দাও। তোমাকে বালি ও কর্পূরের একটি মিশ্রন দেওয়া হইল, তুমি কিরূপে উহাদের পৃথক করিবে ?]

10. How would you separate the ingredients of gun Powder (nitre, sulphur and Powdered charcoal) from one another ?

[বারুদের উপাদানগুলি (সোরা, গন্ধক ও কাঠকয়লাচূর্ণ) পরস্পর হইতে কিরূপে পৃথক করিবে ?]

11. What are crystals ? How are they Prepared ?

[স্ফটিক কাহাকে বলে ? স্ফটিক কিভাবে প্রস্তুত হয় ?]

৫

পদার্থের পরিচিতি

(Identification of Matter)

পদার্থের ভৌত (Physical) ও রাসায়নিক (Chemical) ধর্ম

পদার্থের সংজ্ঞায় বলা হইয়াছে যে ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য বস্তুকে পদার্থ বলে। কিন্তু যাহাই ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য তাহাই পদার্থ নয়। উদাহরণ স্বরূপ,

আঁধার ঘরে বাতি জ্বলিল, বাঁশি বাজিল, উত্তপ্ত বস্তু স্পর্শ করা হইল। আলো, শব্দ, তাপ প্রভৃতির সাহায্যেই বাতি, বাঁশি, উত্তপ্ত বস্তু প্রভৃতির অস্তিত্ব বোঝা যায় এবং চোখ, কাণ, স্পর্শ প্রভৃতি ইন্দ্রিয়ের দ্বারা আমরা উহাদিগকে অনুভব করিতে পারি। কিন্তু আলো, তাপ, শব্দ কোনটাই পদার্থ নয়, বিভিন্ন রকম **শক্তি** (energy)। পদার্থ ও শক্তি অবিচ্ছেদ্যভাবে কাজ করিয়া চলিতেছে,—শক্তি ব্যতীত পদার্থের কিংবা পদার্থ ব্যতীত শক্তির অস্তিত্ব বোঝা যায় না। কয়েকটি বৈশিষ্ট্যের দ্বারা পদার্থ ও শক্তির পার্থক্য বুঝিতে হয়। যে বস্তু ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য, যাহা কিছু স্থান অধিকায় করিয়া থাকে, যাহার ভার আছে এবং চাপ-শক্তির প্রভাবে যাহা গতিশীল তাহাকেই **পদার্থ** বলে।

পদার্থকে পাওয়া যায় তিনটি অবস্থায়—কঠিন, তরল ও গ্যাস। প্রত্যেক পদার্থেরই নিজস্ব কতকগুলি ধর্ম আছে। সব কঠিন পদার্থ ধর্মে ও স্বভাবে একরকম নয় এবং সব তরল বা গ্যাসীয় পদার্থও ধর্মে ও স্বভাবে এক নয়।

যেমন, সোনা, তামা, দস্তা, কয়লা, তুঁতে, লবণ—সবই কঠিন পদার্থ। কিন্তু পরস্পরের মধ্যে ধর্মের মিল নাই। কারণ, প্রত্যেকেই ওজনে, বর্ণে বিভিন্ন। সোনা দেখিতে উজ্জ্বল ও হলুদবর্ণ, তামা লালাভ, দস্তা রুপালী, কয়লা কালো, তুঁতে নীল, লবণ সাদা। সোনা, তামা, দস্তা ও কয়লা জলে দ্রবীভূত হয় না, তুঁতে ও লবণ জলে দ্রবীভূত হয়। প্রত্যেকেরই এ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত বিভিন্ন ক্রিয়া হয়।

তরল পদার্থের মধ্যেও জল, সরিষার তৈল, পারদ, পেট্রল প্রভৃতি[illegible] একরকম ধর্ম। জল ও পেট্রলের কোন বর্ণ নাই, পারদ দেখিতে রুপালী, সরিষার তৈল হলুদ বর্ণ। ইহাদের প্রত্যেকের ওজনও বিভিন্ন। এ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত ইহাদের বিভিন্ন ক্রিয়া হয়।

বিভিন্ন গ্যাসের ধর্মও বিভিন্ন রকমের। হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন গ্যাসের কোন রং নাই, কিন্তু ক্লোরিন গ্যাস দেখিতে সবুজ। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের কোন গন্ধ নাই, ক্লোরিনের তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধ আছে এবং এ্যামোনিয়ার গন্ধে চোখে জল আসে। হাইড্রোজেন আগুনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে কিন্তু নাইট্রোজেনের কিছুই হয় না।

তাহা হইলে দেখা যাইতেছে প্রতিটি পদার্থ অন্য পদার্থ হইতে পৃথক এবং প্রত্যেক পদার্থের নিজস্ব ধর্ম ও স্বভাব আছে। পদার্থের এই বিশিষ্ট স্বভাবকে বলা হয় **পদার্থের ধর্ম** (Properties of matter)। বিজ্ঞানীরা পদার্থের ধর্মকে দুইভাগে ভাগ করিয়াছেন--(১) ভৌত ধর্ম বা অবস্থাগত ধর্ম (Physical Properties) ও (২) রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties)।

যে সকল ধর্মের দ্বারা শুধু পদার্থের বাহ্যিক অবস্থা ও ব্যবহারের পরিচয় পাওয়া যায় তাহাদিগকে পদার্থের ভৌত বা অবস্থাগত ধর্ম বলে।

যে সকল ধর্মের দ্বারা পদার্থের মৌলিক পরিবর্তন হইয়া নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় তাহাদিগকে রাসায়নিক ধর্ম বলে।

এখন পদার্থের ভৌত ধর্ম নির্ণয়ের জন্য কতকগুলি বিষয়ে পদার্থের স্বভাব (nature) জানা দরকার—

(ক) **ভৌত অবস্থা** (**Physical state**) :—কতকগুলি পদার্থ সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন (লোহ, সোনা, তামা, ইত্যাদি), কতকগুলি তরল (জল, কোহল, ব্রোমিন, ইত্যাদি), কতকগুলি গ্যাস (নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন, ইত্যাদি)।

(খ) **বর্ণ** (**Colour**) :—কঠিন পদার্থের প্রায়ই বর্ণ থাকে। যেমন, খড়িমাটি, লবণ, চিনি প্রভৃতি সাদা, তুঁতে (Copper sulphate) নীল, হীরাকস (ferrous sulphate) সবুজ, কয়লা কালো, ইত্যাদি। তরল পদার্থের মধ্যে জল বর্ণহীন কিন্তু ব্রোমিন লাল। গ্যাস প্রায় বর্ণহীন হয়। যেমন, অক্সিজেন, ও হাইড্রোজেন বর্ণহীন, কিন্তু ক্লোরিনের বর্ণ প্রায় সবুজ (greenish yellow)।

(গ) **আকার** (**shape**) :—কতকগুলি কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার থাকে—যেমন, লবণের দানা, চিনির দানা, তুঁতের দানা। কতকগুলি কঠিন পদার্থ অনিয়তাকার। তরল বা গ্যাসের কোন নির্দিষ্ট আকার নাই।

(ঘ) **গন্ধ** (**smell**) :—অধিকাংশ কঠিন পদার্থের নিজস্ব কোন গন্ধ নাই। কিন্তু তরল ও গ্যাসীয় পদার্থকে অনেক সময় তাহাদের গন্ধ দ্বারা চেনা যায়।

যেমন, জলের কোন গন্ধ নাই, কিন্তু সরিষার তৈল, কেরোসিন তৈল প্রভৃতি নিজস্ব গন্ধ আছে। গ্যাসের মধ্যে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি গন্ধহীন, কিন্তু এ্যামোনিয়া, ক্লোরিন প্রভৃতি গ্যাসের নিজস্ব ঝাঁঝালো গন্ধ আছে।

(ঙ) **স্পর্শ (touch)** :—অনেক পদার্থ স্পর্শ করিয়া চেনা যায়। স্ফটিক পদার্থমাত্রই কর্কশ মনে হয়। অনেক কঠিন পদার্থ তৈলাক্ত মনে হয়, যেমন ক্ষার জাতীয় পদার্থ। মিহি বালি ও ময়দা পাশাপাশি রাখিলে হাতে ঘষিয়া কোন্‌টি বালি বুঝা যায় কারণ বালি হাতে কর্কশ লাগে।

(চ) **দ্রাব্যতা** :—প্রায় সব পদার্থ কোন না কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। জলে বহু কঠিন ও গ্যাস দ্রবীভূত হয়। দ্রাব্যতার মাত্রা সব পদার্থের সমান নয়। জলে পটাশিয়াম নাইট্রেট (সোরা) খুব দ্রাব্য এবং দ্রবণে তাপ শোষিত হয়। জলে সালফিউরিক এ্যাসিড দিলে তাপ উদ্ভূত হয়। জলে চুন সামান্য দ্রাব্য।

(ছ) **চুম্বক ধর্ম** (**magnetic properties**) :—চুম্বক দ্বারা লোহা, নিকেল, কোবাল্ট আকৃষ্ট হয়, অন্যান্য পদার্থগুলি আকৃষ্ট হয় না।

(জ) **গলনাংক ও স্ফুটনাংক** (**melting point and boiling point**) :—বিশুদ্ধ কঠিনের নির্দিষ্ট গলনাংক ও বিশুদ্ধ তরলের নির্দিষ্ট স্ফুটনাংক আছে। একটু অশুদ্ধি থাকিলে কঠিনের গলনাংক কমে এবং তরলের স্ফুটনাংক বৃদ্ধি পায়।

সেইরূপ পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম নির্ণয়ের জন্য কতকগুলি প্রক্রিয়ায় পদার্থের পরিবর্তন লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন—

(ক) **তাপের প্রভাব** :—উত্তাপ প্রয়োগে বিভিন্ন পদার্থে বিভিন্ন প্রকার পরিবর্তন দেখা যায়। লাল মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা কালো হইয়া যায় এবং পরীক্ষা-নলের গায়ে রূপালী পারদের বিন্দু সঞ্চিত হয়। নীল তুঁতেকে তাপ দিলে সাদা হইয়া যায়। কৃষ্ণবর্ণ আয়োডিনের দানাকে তাপ দিলে বেগুনী রংয়ের ধোঁয়া বাহির হয়।

(খ) **এ্যাসিডের (acid) ক্রিয়া** :—ম্যাগনেসিয়াম, জিংক, লোহা প্রভৃতি ধাতু এ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। তামার সহিত নাইট্রিক এ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে গাঢ় বাদামী ধোঁয়া নির্গত হয় এবং অবশিষ্ট দ্রবণের বর্ণ সবুজ হয়। ফেরাস সালফাইডে লঘু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দিলে পচা ডিমের গন্ধযুক্ত এক প্রকার গ্যাস নির্গত হয়।

(গ) **ক্ষারের (alkali) ক্রিয়া** :—এ্যালুমিনিয়াম, জিংক প্রভৃতি ধাতু ক্ষারে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু লোহা, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতু ক্ষারে অদ্রাব্য।

(ঘ) **অন্যান্য বিকারক (other reagents)** :—সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দিলে ভারী সাদা অধঃক্ষেপ (white precipitate) পাওয়া যায়। কপার সালফেট দ্রবণে এ্যামোনিয়া দিলে প্রথমে সাদা অধঃক্ষেপ আসে, পরে অতিরিক্ত এ্যামোনিয়া ঢালিলে অধঃক্ষেপটি দ্রবীভূত হইয়া ঘোর নীল দ্রবণে পরিণত হয়।

অতএব দেখা যাইতেছে কোন একটি অজ্ঞাত পদার্থের স্বরূপ জানিতে হইলে তাহার ভৌত ধর্ম (অর্থাৎ ভৌত অবস্থা, বর্ণ, স্পর্শ, আকার, গন্ধ, দ্রাব্যতা, চুম্বক ধর্ম, গলনাংক, স্ফুটনাংক প্রভৃতি) ও রাসায়নিক ধর্ম (অর্থাৎ তাপের প্রভাব, এ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া, ক্ষারের সহিত ক্রিয়া, অন্যান্য বিকারকের সহিত ক্রিয়া প্রভৃতি) সম্বন্ধে অনুসন্ধান করা দরকার।

উদাহরণ—(১) একটি অজ্ঞাত কঠিন পদার্থ—ইহার বর্ণ পীত, ইহা স্ফটিকাকার, এবং স্পর্শ দ্বারা অনুভব করা গেল ইহা কর্কশ। ইহা গন্ধহীন এবং ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয়। ইহার গলনাংক 113°C। রাসায়নিক ধর্ম পরীক্ষা করিয়া দেখা গেল যে ইহা এ্যাসিড (নাইট্রিক ও সালফিউরিক) ও ক্ষারের সহিত ক্রিয়া করে। ইহাকে তাপ দিলে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া বর্ণহীন বিশেষ শ্বাসরোধকারী গন্ধযুক্ত গ্যাস উৎপন্ন করে এবং এই গ্যাস পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণকে বর্ণহীন করে। এই পরীক্ষাগুলির দ্বারা এই সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে পারা যায় যে অজ্ঞাত পদার্থটি গন্ধক (sulphur)।

(২) একটি অজ্ঞাত তরল পদার্থ—বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন। ইহা নির্দিষ্ট চাপে 100°C তাপে ফুটিতে থাকে এবং 0°C তাপে জমিয়া বরফে পরিণত হয়। এই তরলের মধ্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ পাঠাইলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই তরলে সালফিউরিক এ্যাসিড মিশাইলে দ্রবণ উত্তপ্ত হইয়া যায় এবং এই তরলে নিশাদল (Ammonium chloride) মিশাইলে দ্রবণটি ঠাণ্ডা হইয়া যায়। এই পরীক্ষাগুলির দ্বারা বুঝা যায় যে অজ্ঞাত তরল পদার্থটি জল।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What do you understand by physical and chemical properties of a matter ?

[পদার্থের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বলিতে কি বুঝ ?]

2. How will you know the physical and chemical properties of a matter ? What are the general properties of water, salt, sulphur, copper sulphate and camphor ?

[কি উপায়ে পদার্থের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম জানা যায় ? জল, লবণ, গন্ধক, তুঁতে ও কর্পূরের সাধারণ ধর্মগুলি কি কি ?]

3. How would you proceed to identify a matter ?

[কিভাবে পদার্থকে সনাক্ত করিবে ?]

৬

পদার্থের পরিবর্তন—ভৌত ও রাসায়নিক

(Changes of Matter—Physical and Chemical)

পৃথিবীতে প্রতিনিয়তই নানা ধরনের পরিবর্তন হইতেছে। জল হইতে বাষ্প হয় আবার সেই বাষ্প শৈত্যের প্রভাবে জমিয়া মেঘরূপ ধারণ করে এবং আরও শীতল হইয়া বৃষ্টিরূপে ঝরিয়া পড়ে। আবার জল জমিয়া বরফও হয়। লোহে মরিচা পড়ে, কয়লা পুড়িয়া ছাই হয়। গাছের পাতা জন্মায়, ফল জন্মায় ও পাকে, আবার সেই ফল ঝরিয়া পড়ে। রান্নাঘরেও দুধ হইতে দই, ঘি, মাখন প্রভৃতি তৈয়ারী হয়, চাল হইতে ভাত তৈয়ারী হয়। একটু লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে, এই পরিবর্তনগুলি সবই একরকম নয়। বাষ্প, জল বা বরফ মূলতঃ সবই জল—জলের সঙ্গে বাষ্পের ও বরফের শুধু আকার ও অবস্থার পার্থক্য। কিন্তু কয়লা পুড়িলে আর কয়লা থাকে না, ছাই হইয়া যায়। ফল পাকিয়া পচিয়া যায় আর ফল থাকে না। সুতরাং পদার্থের পরিবর্তন পৃথিবীতে ঘটে দুই ভাবে। একরকম পরিবর্তনে পদার্থের কেবল বাহ্যিক পরিবর্তন ঘটে এবং অন্যরকম পবিবর্তনে পদার্থের মৌলিক রূপান্তর ঘটে।

যে পরিবর্তনে পদার্থের গঠনের কোন পরিবর্তন না হইয়া কেবলমাত্র কতকগুলি বাহ্যিক গুণের, যথা—অবস্থা, আকার, আকৃতি, স্বচ্ছতা, বর্ণ, চুম্বক ও তড়িৎ ধর্মের, পরিবর্তন হয় তাহাকে ভৌত বা অবস্থাগত পরিবর্তন (Physical change) বলে। ভৌত পরিবর্তনের কারণ অপসারণে পদার্থ পূর্বাবস্থা লাভ করে।

যে পরিবর্তনে পদার্থের গঠন সম্পূর্ণরূপে বদলাইয়া একটি নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় সেই পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন (Chemical change) বলে। মূল পদার্থের ধর্ম নূতন পদার্থের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন।

ভৌত পরিবর্তনের কতকগুলি উদাহরণ :

(১) একটি পাত্রে খানিকটা জল লইয়া ঠাণ্ডা করিলে জল বরফে পরিণত হইবে। এই বরফকে তাপ দিলে, কঠিন বরফ আবার তরল জলে পরিণত হইবে এবং আরও তাপ দিলে জল বাষ্পে পরিণত হইবে। এই সকল পরিবর্তনে

জলের আয়তন, স্বচ্ছতা প্রভৃতি ধর্ম বদলাইয়া যায় কিন্তু উপাদানগত কোন পরিবর্তন হয় না, জল জলই থাকে। ইহা জলের অবস্থাগত পরিবর্তন মাত্র।

(২) একটি পরীক্ষা-নলে কয়েক টুকরা মোম বা গন্ধক লইয়া দীপের সাহায্যে পরীক্ষা-নলটি উত্তপ্ত করিলে মোম বা গন্ধক গলিয়া তরল হইয়া যাইবে। পরীক্ষা-নলকে ঠাণ্ডা করিলে তরল মোম বা গন্ধক জমিয়া পুনরায় কঠিনে পরিণত হইবে। দুই অবস্থাতেই মোমের বা গন্ধকের গঠনের কোন পরিবর্তন হয় নাই কেবল অবস্থার পরিবর্তন হইয়াছে।

(৩) এক টুকরা ইস্পাতের উপর একটি শক্তিশালী চুম্বক বারংবার ঘষিলে ইস্পাতটি চুম্বকে পরিণত হয়। তখন উহা লৌহের বা নিকেলের টুকরা আকর্ষণ করে। এই পরিবর্তন অবস্থাগত পরিবর্তন। কারণ ইস্পাত যখন চুম্বকে পরিণত হয় তখন ইহা নূতন কোন পদার্থ সৃষ্টি করে না। উত্তপ্ত করিলে কিংবা হাতুড়ি দ্বারা জোরে আঘাত করিলে ইহার চৌম্বকত্ব নষ্ট হয়।

(৪) বুনসেন দীপে একটি প্লাটিনাম তারকে খুব উত্তপ্ত করিলে প্রথমে লোহিত তপ্ত (red hot), তারপর শুভ্রতপ্ত (white hot) হয়। তাপের উৎস সরাইয়া লইলে তারটি ঠাণ্ডা হইয়া নিষ্প্রভ হইয়া পড়ে। এক্ষেত্রেও তারের উপাদান প্লাটিনাম ঠিকই থাকে।

(৫) বিজলীবাতির মধ্যে যে সরু তার থাকে তাহার মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে তার উষ্ণ হয় ও আলো বিকিরণ করে। প্রবাহ বন্ধ হইলে তার শীতল হয় তারের আলো বিকিরণের ধর্ম থাকে না। প্রবাহ চালাইবার পূর্বে ও পরে তারের ওজনের কোন পার্থক্য হয় না।

(৬) জলে চিনি মিশাইলে চিনি অদৃশ্য হয়। জলকে বাষ্পীভূত করিলে একই ওজনের চিনি সম্পূর্ণ ফিরিয়া আসে। দ্রব অবস্থায় চিনির পরিবর্তন অবস্থাগত। কারণ দ্রব অবস্থায় চিনি চিনিই থাকে।

উদাহরণগুলি হইতে দেখা যাইতেছে যে, পদার্থের কোন **স্থায়ী পরিবর্তন হয় না**; এই জন্য ইহাদিগকে ভৌত বা অবস্থাগত পরিবর্তন বলা হয়। আরও লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে পরিবর্তনগুলি বিনা কারণে হইতেছে না। পরিবর্তন ঘটাইবার জন্য প্ররোচনার (Inducement) প্রয়োজন হয়। যেমন, তাপ বাড়াইয়া বরফকে জলে এবং জলকে বাষ্পে এবং তাপ কমাইয়া জলকে বরফে পরিবর্তিত করিবার মূলে আছে **তাপ**। তাপ প্রয়োগ না করিলে ইহা সম্ভব হইত না। সেইরূপ বিজলীবাতি জ্বলিবার মূলে আছে **বিদ্যুৎ**। লোহাকে চুম্বকে পরিণত করার মূলে আছে **চুম্বক**। চিনি জলে মিশাইলে কঠিন [illegible]

জলের মধ্যে অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিয়া যায়। এই পরিবর্তনের কারণ—কঠিন পদার্থের **দ্রবণীয়তা**। সুতরাং দেখা যাইতেছে ভৌত পরিবর্তন ঘটাইবার কয়েকটি কারণ হইতেছে—**তাপ, বিদ্যুৎ-প্রবাহ, চুম্বকধর্ম ও দ্রবণীয়তা**।

রাসায়নিক পরিবর্তনের কয়েকটি উদাহরণ :

(১) কয়লাতে (carbon) আগুন ধরাইলে শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। খানিকক্ষণ পরে দেখিলে মনে হইবে কালো কয়লা পুড়িয়া সাদা ছাইয়ে পরিণত হইল অর্থাৎ কয়লার কার্বনের বিনাশ হইল। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কার্বনের বিনাশ হয় না। কারণ, দহনকালে তাপের প্রভাবে কার্বন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড নামক একটি গ্যাসে পরিণত হয়। এই গ্যাসের ধর্ম কার্বন ও অক্সিজেনের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক। এই পরিবর্তন স্থায়ী, কারণ কোন সহজ প্রক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন ও অক্সিজেন উপাদান দুইটি ফিরিয়া পাওয়া যায় না। সেইজন্য এই পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।

(২) সাধারণ লোহাকে ভিজা বাতাসে রাখিয়া দিলে তাহার উপরিভাগ ক্রমশঃ একটি বাদামী রংয়ের গুঁড়ায় পরিণত হয়—ইহারই নাম মরিচা। বায়ুর অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প এবং লোহার রাসায়নিক সংযোগের ফলে মরিচার সৃষ্টি হয়। মরিচা ওজনে লোহা অপেক্ষা ভারী এবং মরিচা তৈয়ারী হইবার সময় সামান্য তাপের সৃষ্টি হয়। মরিচাকে সহজে লোহায় রূপান্তরিত করা যায় না। লোহা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় কিন্তু মরিচা হয় না।

(৩) বিশুদ্ধ তামার রং বিশেষ ধরনের লাল। বুনসেন দীপের শিখায় তামার তারটি ধরিলে তারটি লাল হয় এবং ঠাণ্ডা করিলে তারের গায়ে কালো রংয়ের আবরণ পড়ে। এই কালো আবরণটি একটি নূতন পদার্থ (copper oxide), ওজনে তামার চাইতে ভারী এবং তারটি কালো হওয়ার সময় তাপ সৃষ্টি করে। ইহাকে সহজে আর তামায় পরিণত করা যায় না। সুতরাং ইহা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

(৪) চুনে (quick lime) জল মিশাইলে চুন গরম হইয়া ফুটিয়া ওঠে এবং প্রচুর তাপ উদ্ভূত হয়। ফুটান চুন শেষ পর্যন্ত একটি সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয় এবং ইহার ওজন ও আয়তন বাড়িয়া যায়। এই সাদা গুড়াকে কলিচুন (slaked lime) বলে। কলিচুন ও চুন ধর্মে ও স্বভাবে এক পদার্থ নহে।

(৫) সাদা চিনির দানাকে উত্তপ্ত করিলে কালো কার্বনে ও জলে পরিণত হয়। চিনি ও কার্বন এক জিনিষ নহে। চিনি সাদা, সুস্বাদু, জলে দ্রাব্য

কিন্তু কার্বন কালো, স্বাদহীন ও জলে অদ্রাব্য। কার্বন ও জল হইতে চিনিকে আর ফিরিয়া পাওয়া যায় না।

(৬) তামার উপর নাইট্রিক এ্যাসিড ঢালিলে বাদামী রংয়ের গ্যাস নির্গত হয় এবং নাইট্রিক এ্যাসিড একটি সবুজ বর্ণের নিষ্ক্রিয় তরলে (copper nitrate) পরিণত হয়। এই গ্যাস বা তরল হইতে তামা আর সহজে ফেরৎ পাওয়া যায় না এবং পরিবর্তনে ওজন ও তাপের হ্রাস হয়।

(৭) অম্লমিশ্রিত (acidulated) জলের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে জল অক্‌সিজেন ও হাইড্রোজেন নামক দুইটি ধর্মবিশিষ্ট গ্যাসে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। এই গ্যাস দুইটি মিশাইয়া সহজ প্রক্রিয়ায় আর জল তৈরী করা যায় না। সুতরাং ইহা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটনের বিবিধ কারণ :
(Factors that induce and regulate chemical change)

উপরের উদাহরণগুলি হইতে দেখা যাইতেছে যে রাসায়নিক পরিবর্তনে যে নূতন পদার্থ সৃষ্ট হয় তাহাকে সহজে পূর্বাবস্থায় আনা যায় না, সুতরাং **রাসায়নিক পরিবর্তন স্থায়ী**। রাসায়নিক পরিবর্তনে তাপ শোষিত কিংবা উদ্ভূত হয়। রাসায়নিক পরিবর্তন রাসায়নিক ক্রিয়ার ফল।

যে ক্রিয়ার ফলে কোন পদার্থের এক বা একাধিক নূতন পদার্থে স্থায়ীভাবে রূপান্তর ঘটে, তাহাকে **রাসায়নিক ক্রিয়া** (chemical action) বলে। রাসায়নিক ক্রিয়া বিনা কারণে সংঘটিত হয় না। রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটনের জন্য প্ররোচনা (inducement) চাই। যে যে উপায়ে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহার কয়েকটি পদ্ধতি নিম্নে আলোচনা করা হইল।

(১) **সংস্পর্শ** (Close Contact) :—অনেক পদার্থ আছে যাহারা পরস্পর পৃথক থাকিলে তাহাদের মধ্যে কোন ক্রিয়া সংঘটিত হয় না। কিন্তু তাহারা পরস্পরের সংস্পর্শে আসিলেই সাধারণ উষ্ণতায় রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। যেমন, এক টুকরা ফসফরাস একটি আয়োডিনের দানার পাশে রাখিয়া দিলে কোন বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু যে মুহূর্তে ফসফরাস আয়োডিনকে স্পর্শ করে, সেই মুহূর্তেই ফসফরাস জ্বলিয়া উঠিয়া ফসফরাস আয়োডাইড নামক একটি নূতন পদার্থে পরিণত হয়।

(২) **দ্রবণ** (Solution) :—অনেক পদার্থ আছে শুষ্ক অবস্থায় পাশাপাশি থাকিলেও যাহাদের মধ্যে কোন রাসায়নিক ক্রিয়া হয় না। কিন্তু দ্রবণের মধ্যে

সহজেই রাসায়নিক ক্রিয়া হয়। যেমন, শুষ্ক সোডিয়াম বাই-কার্বনেট (baking powder) এবং টারটারিক এ্যাসিডের চূর্ণ মিশ্রিত করিলেও কোন বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু এই মিশ্রণকে জলে দ্রবীভূত করিলে সজোরে বিক্রিয়া ঘটে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের বুদ্বুদ্ উঠিতে থাকে। ইহার কারণ, সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণ সহজেই টারটারিক এ্যাসিডের সংস্পর্শে আসে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়াটি দ্রুত সম্পাদিত হয়।

(৩) **তাপ** (Heat):—তাপের প্রভাবে সাধারণতঃ বিক্রিয়া আরও দ্রুততর হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগ না করিলে বিক্রিয়া আদৌ সম্ভব হয় না। যেমন, লোহা ও গন্ধকের (sulphur) মিশ্রণ সাধারণ উষ্ণতায় কোন ক্রিয়া হয় না, কিন্তু উত্তাপ প্রয়োগ করিলে লোহা ও সালফার সংযুক্ত হইয়া আয়রন সালফাইড গঠিত হয়।

(৪) **আলোক** (Light):—আলোকের সাহায্যেও অনেক রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। যেমন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসের মিশ্রণ অন্ধকারে রাখিলে কোন ক্রিয়া হয় না কিন্তু আলোর সংস্পর্শে আনিলেই প্রচণ্ড বিস্ফোরণের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

(৫) **বিদ্যুৎ** (Electricity):—বিদ্যুৎশক্তির সাহায্যে অনেক রাসায়নিক ক্রিয়া সম্পাদিত হয়। জলের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে জল হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। আবার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণের মধ্যে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করিলে উহারা সংযুক্ত হইয়া জলে পরিণত হয়।

(৬) **চাপ** (Pressure):—চাপ না দিলে কোন কোন ক্ষেত্রে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না। উদাহরণস্বরূপ, ভুঁই-পটকার মধ্যে পটাশিয়াম ক্লোরেট ও সালফারের মিশ্রণ এবং কিছু কাঁকর থাকে। মিশ্রণটি কাগজে মুড়িয়া রাখিয়া দিলে কোন বিক্রিয়া হয় না। কিন্তু পটকাটি আছাড় মারিলে যে চাপের সৃষ্টি হয় তাহারই ফলে উহাতে বিস্ফোরণ হয়।

(৭) **প্রভাবক** (Catalyst):—কতকগুলি পদার্থ আছে যাহারা নিজে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না, কেবল তাহাদের উপস্থিতিতেই কোন রাসায়নিক ক্রিয়ার গতিবেগ হ্রাস বা বৃদ্ধি হয়, তাহাদিগকে **প্রভাবক** (Catalyst) বলে। উদাহরণস্বরূপ, পটাশিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া যায়। কিন্তু এই বিক্রিয়াটি সম্পন্ন করার জন্য

অনেকক্ষণ ধরিয়া পটাশিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিতে হয়। কিন্তু পটাশিয়াম ক্লোরেটের সহিত সামান্য ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্‌সাইড মিশ্রিত করিলে খুব কম উষ্ণতাতেই এবং খুব দ্রুত অক্‌সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্‌সাইড দ্রুত রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পাদন করিতে সাহায্য করিলেও নিজে অপরিবর্তিত থাকে।

ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের পার্থক্য:—এখন ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের পার্থক্য সম্বন্ধে আলোচনা করিতে হইলে দুই ধরণের পরিবর্তনের উদাহরণ বিশ্লেষণ করা প্রয়োজন। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে জলের বরফে ও বাষ্পে পরিবর্তন একটি ভৌত পরিবর্তন। এই উদাহরণটি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়—

(১) বরফ বা বাষ্প কোন নূতন পদার্থ নয়, জলেরই অবস্থাভেদ মাত্র।

(২) এই পরিবর্তন অস্থায়ী; কারণ বরফকে তাপ দিয়া এবং বাষ্পকে শীতল করিয়া সহজেই জলে পরিণত করা যায়।

(৩) জলের বরফে বা বাষ্পে রূপান্তরিত অবস্থায় ওজনের কোন পার্থক্য হয় না। এক সের জলকে বরফে বা বাষ্পে পরিণত করিলে বরফ বা বাষ্পের ওজন এক সেরই হইবে।

(৪) এক সের বরফকে জলে পরিণত করার জন্য যতখানি তাপ দেওয়ার প্রয়োজন, এক সের জলকে বরফে পরিণত করার সময় ঠিক ততখানি তাপ ফেরৎ পাওয়া যায়। সেইরূপ এক সের জলকে বাষ্পে পরিণত করার জন্য যতখানি তাপের প্রয়োজন, এক সের বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিয়া জলে পরিণত করিলে ঠিক ততখানি তাপ ফেরৎ পাওয়া যায়। অর্থাৎ বরফ বা বাষ্পে পরিবর্তনের সময় জলের মধ্যে নিজস্ব কোন তাপের উদ্ভব বা অভাব হয় না।

কয়লা জ্বলিয়া ছাইয়ে পরিণত হওয়া একটি রাসায়নিক পরিবর্তন, এখন এই উদাহরণটি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়—

(১) কয়লা জ্বলিয়া গ্যাস ও ছাইয়ে পরিণত হয়। গ্যাস ও ছাই দুইটি সম্পূর্ণ নূতন পদার্থ।

(২) এই পরিবর্তন স্থায়ী, কারণ গ্যাস ও ছাই হইতে মূল পদার্থ কয়লাকে আর ফেরৎ পাওয়া যায় না।

(৩) এই পরিবর্তনে ওজনের পার্থক্য হয়। এক সের কয়লা পুড়িয়া ছাই হইলে ছাইয়ের ওজন এক সের অপেক্ষা অনেক কম হয়।

(৪) কয়লার স্তূপে যে-কোন একটি টুকরায় আগুন ধরাইয়া দিলে বাকি

টুকরাগুলি কয়লার নিজস্ব তাপেই জ্বলিতে থাকে। কারণ, কয়লা জ্বলিবার সময় তাপের সৃষ্টি হয়।

জল ও কয়লার রূপান্তরের উদাহরণ দুইটি আলোচনা করিয়া ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের সাধারণ তুলনা করিয়া বলা যায়—

ভৌত পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
(১) ভৌত পরিবর্তনে শুধু অবস্থাগত ধর্মের পরিবর্তন হয়, কোন নূতন পদার্থ গঠিত হয় না।	(১) ইহাতে অবস্থাগত এবং রাসায়নিক ধর্মের পরিবর্তন হয় এবং মুল পদার্থ পরিবর্তিত হইয়া সম্পূর্ণ নূতন পদার্থ গঠিত হয়।
(২) ইহাতে উপাদানের অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না।	(২) ইহাতে উপাদানের অণুর গঠনের পরিবর্তন হয়।
(৩) এই পরিবর্তন অস্থায়ী, যে কারণে এই পরিবর্তন হয় তাহা সরাইয়া লইলে আবার পুর্বাবস্থায় ফিরিয়া পাওয়া যায়।	(৩) এই পরিবর্তন স্থায়ী, সহজে পুর্বাবস্থায় ফিরিয়া পাওয়া যায় না, কোন কোন ক্ষেত্রে পরিবর্তিত পদার্থকে কোন ভাবেই মুল পদার্থে পুনর্গঠিত করা যায় না।
(৪) ইহাতে তাপীয় পরিবর্তন কখনো ঘটে, কখনো ঘটে না।	(৪) তাপের পরিবর্তন অবশ্যই ঘটিয়া থাকে।
(৫) এই পরিবর্তনে পদার্থের ওজনের হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় না।	(৫) এই পরিবর্তনে পদার্থের ওজনের অবশ্যই হ্রাস বা বৃদ্ধি হইয়া থাকে।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. Explain the difference between a physical and a chemical change , give examples.

[ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের পার্থক্য উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর।]

2. What do you understand by Physical and Chemical changes ? Give examales.

[ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন বলিতে কী বুঝ ? উদাহরণ দাও।]

3. Explain the factors that induce and regulate a Chemical change.

[রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটনের বিবিধ কারণগুলি বর্ণনা কর।]

4. A piece of iron when left exposed to air rusts and increases in weight, while a piece of charcoal when ignites burns away leaving nothing but some amount of ashes only. Explain the above changes.

[এক টুকরা লোহা বায়ুতে মুক্ত অবস্থায় রাখিলে মরিচা ধরে এবং ইহার ওজন বৃদ্ধি পায়, কিন্তু এক টুকরা কাঠকয়লা দহন করিলে সামান্য ছাই পড়িয়া থাকে। এই পরিবর্তনগুলি ব্যাখ্যা কর।]

5. (i) A piece of Camphor is left exposed to air and it disappears. The change of Camphor is—Physical/Chemical

(ii) A piece of copper wire is strongly heated and then cooled. The change of Copper wire is—Physical/Chemical

(iii) A piece of platinum wire is made incandescent and then cooled. The change of platinum wire is—Physical/Chemical

(iv) A mixture of sulphur and iron powder is strongly heated. The change of mixture is—Physical/Chemical

(v) Milk is churned to butter. The change of milk is—Physical/Chemical

(vi) A solution is made of common salt in water. The change of common salt is—Physical/Chemical

(vii) A block of ice is allowed to melt. The change of ice is—Physical/Chemical

(viii) Green mangoes ripe. The change of mangoes is—Physical/Chemical

(ix) Curd is formed of milk. The change of milk is—Physical/Chemical

(x) Plants grow from seeds. The change of seeds is—Physical/Chemical

Give reasons for your answer.

৭

পদার্থের শ্রেণী বিভাগ

(Division of Matter)

সাধারণ মিশ্র ও রাসায়নিক যৌগিক

(Mechanical Mixture and Chemical Compound)

দৈনন্দিন জীবনে আমরা অসংখ্য প্রকার পদার্থের সংস্পর্শে আসিয়া থাকি। তাঁহাদের নানাভাবে শ্রেণী বিভাগ সম্ভব। কি প্রকার উপাদানে পদার্থগুলি গঠিত তাহারই উপর নির্ভর করে তাহাদের শ্রেণীগত বিভাগ। নানাপ্রকার পদার্থ পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন কোন পদার্থ একটিমাত্র উপাদানে গঠিত। যেমন সোনা, রূপা, জল, খাদ্য লবণ, প্রভৃতি। ইহাদিগকে **বিশুদ্ধপদার্থ** বলে। আবাব কোন কোন পদার্থ দুই বা ততোধিক উপাদানে গঠিত হয় কিন্তু উপাদানগুলি ধর্ম বজায় থাকে। যেমন—জল, প্রোটিন, স্নেহপদার্থ, শর্করা প্রভৃতি উপাদান মিলিত হইয়া দুধ হয়। সেইরূপ কাদামাটিতে বহুপ্রকারের কঠিন পদার্থ ও জল থাকে। এইরূপ পদার্থকে **মিশ্র পদার্থ** বলে। মিশ্র পদার্থের উপাদানসমূহ তাহার সর্বাংশে একই অনুপাতে থাকিতেও পারে, নাও থাকিতে পারে। যেমন দুধের উপাদানগুলির অনুপাত সর্বত্রই সমান। এরূপ পদার্থকে **সমসত্ত্ব পদার্থ** (homogeneous) বলে। আবার লোহা ও গন্ধকচূর্ণ যদি মিশানো যায় তবে এই মিশ্রের উপাদানগুলি সর্বত্র সম অনুপাতে থাকে না। এইরূপ মিশ্রকে **অসমসত্ত্ব মিশ্র** (heterogeneous) বলে। বিশুদ্ধ পদার্থমাত্রই সমসত্ত্ব। বিশুদ্ধ পদার্থ সমূহকে দুইভাগে ভাগ করা যায় যথা—মৌলিক (Element) ও যৌগিক (Compound) **পদার্থ**।

যে সকল পদার্থ একই রকম পদার্থ দ্বারা গঠিত এবং যাহাকে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বিশ্লেষণ করিয়া উহা ব্যতীত আর কোন নূতন ধর্মবিশিষ্ট পদার্থ পাওয়া যায় না তাহাকে মৌলিক পদার্থ বা মৌল (element) বলে।

যেমন, তামা, লোহা, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, পারদ প্রভৃতি এক একটি মৌল। শত চেষ্টা করিয়াও অক্সিজেনকে বিশ্লেষণ করিয়া অক্সিজেন ছাড়া

আর নূতন কোন ধর্ম বিশিষ্ট পদার্থ তৈয়ারী করা সম্ভব নয়। সেইরূপ শত চেষ্টার পরেও তামাকে ভাঙ্গিয়া তামাই পাওয়া যায়।

প্রকৃতিতে ৯২টি মৌলিক পদার্থ আছে। তাহাদের মধ্যে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন লইয়া প্রায় দশটি গ্যাসীয় (gaseous), পারদ ও ব্রোমিন তরল (liquid) এবং অবশিষ্টগুলি কঠিন (solid) পদার্থ। ইহাদের মধ্যে হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা লঘু এবং ইউরেনিয়াম (uranium) সর্বাপেক্ষা ভারী।

পুরাতনকালে মানুষ সোনা, তামা, রূপা, টিন, সীসা, লোহা এবং পারদ এই সাতটি মাত্র মৌলিক পদার্থ জানিত। ১৭৫০ খ্রীষ্টাব্দ পর্যন্ত লোকে সতেরো-আঠারোটির বেশী মৌলিক পদার্থ জানিত না। বিগত দুইশত বৎসরে রাসায়নিক গবেষণা এত দ্রুত অগ্রসর হইয়াছে যে, আধুনিক পারমাণবিক গবেষণার সাহায্যে বিজ্ঞানীরা নেপচুনিয়াম, প্লুটোনিয়াম, ক্যালিফোর্ণিয়াম, আমেরিকাম ইত্যাদি নামে প্রায় দশটি কৃত্রিম মৌলিক পদার্থ তৈয়ারী করিতে সক্ষম হইয়াছেন।

দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ রাসায়নিক সংযোগে যুক্ত হইয়া একটি নূতন ধর্মবিশিষ্ট পদার্থ গঠন করিলে তাহাকে যৌগিক পদার্থ (compound) বলে। সুতরাং যৌগিক পদার্থকে রাসায়নিক বিশ্লেষণ করিলে ভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায়।

জল, তুঁতে, লবণ, চিনি, এ্যাসিড প্রভৃতি যৌগিক পদার্থের উদাহরণ। জল একটি তরল পদার্থ কিন্তু ইহা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নামে দুইটি গ্যাসীয় পদার্থ দ্বারা গঠিত। তুঁতের মধ্যে আছে তামা, গন্ধক ও অক্সিজেন। তুঁতের ধর্ম মৌলিক উপাদানগুলির ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক।

পৃথিবীর অধিকাংশ বস্তুই মিশ্র ও যৌগিক পদার্থ। এ পর্য্যন্ত প্রায় তিন লক্ষের উপরে যৌগিক পদার্থের আবিষ্কার হইয়াছে। যৌগিক পদার্থকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যেমন, **জৈব পদার্থ** (Organic Compound) ও **অজৈব পদার্থ** (Inorganic Compound)। সাধারণতঃ উদ্ভিদ্ ও প্রাণী হইতে যে সমস্ত বস্তু পাওয়া যায় সেগুলিকে বলা হয় জৈব পদার্থ। এই জৈব পদার্থগুলি সবই প্রধানতঃ কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন—মাত্র এই তিনটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। চিনি, চাউল, মাংস, কাগজ, পেট্রল প্রভৃতি জৈব পদার্থের কয়েকটি উদাহরণ।

*** সূর্যের উপাদান :**

বর্ণালীবীক্ষণ যন্ত্রের (spectroscope) সাহায্যে সূর্যমণ্ডলে নিম্নলিখিত মৌলিক উপাদানগুলির অস্তিত্ব নির্ধারিত হইয়াছে—

এ্যালুমিনিয়াম	অক্সিজেন	সিলভার
ক্যালসিয়াম	হাইড্রোজেন	সিলিকন
ম্যাগনেসিয়াম	নাইট্রোজেন	কার্বন
সোডিয়াম	হিলিয়াম	আয়রণ

***মানবদেহের উপাদান :**

মানবদেহ ও অন্যান্য জীবদেহ বিশ্লেষণের ফলে নিম্নলিখিত মৌলিক উপাদানগুলির অস্তিত্ব সপ্রমাণিত হইয়াছে—

সোডিয়াম	অক্সিজেন	ফসফরাস
পটাশিয়াম	হাইড্রোজেন	সালফার
ক্যালসিয়াম	নাইট্রোজেন	আয়রণ
ম্যাগনেসিয়াম	কার্বন	আয়োডিন

পৃথিবীর উপরিভাগের প্রায় 98 ভাগ পদার্থ অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, এ্যালুমিনিয়াম, সিলিকন, আয়রণ, ক্যালসিয়াম, সোডিযাম, পটাশিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও কার্বন নামে দশটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত।

সাধারণ মিশ্র ও রাসায়নিক যৌগিক :

(Mechanical Mixture and Chemical Compound)

যদি দুই বা ততোধিক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ একত্র মিশ্রিত অবস্থায় থাকে এবং মিশ্রিত পদার্থগুলির মধ্যে কোনরূপ বিক্রিয়া না হইয়া তাহাদের নিজ নিজ ধর্ম বজায় রাখিয়া শুধু পাশাপাশি অবস্থান করে, সেই পদার্থকে সাধারণ মিশ্র (Mechanical mixture) বলে। মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি সহজ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায়।

দুই বা ততোধিক মৌল বা যৌগ নির্দিষ্ট অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগে যদি একটি পদার্থ গঠিত হয় যাহার ধর্ম উপাদানগুলির ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক এবং যাহাকে কেবলমাত্র রাসায়নিক বিশ্লেষণের দ্বারা পৃথক করা যায় সেই পদার্থকে রাসায়নিক যৌগিক (Chemical compound) বলে।

---

* পাঠ্য বিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে।

অতএব দেখা যাইতেছে, মিশ্রপদার্থের উপাদানগুলির (components) নিজ নিজ ধর্ম বজায় থাকে কিন্তু যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলির ধর্ম লুপ্ত হইয়া নূতন ধর্মের একটি পদার্থ গঠিত হয়। যেমন বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ। কারণ বায়ুর নিজস্ব কোন ধর্ম নাই, ইহার প্রধান উপাদান অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যুক্ত ধর্মই বায়ুর ধর্ম। কিন্তু জল একটি যৌগিক পদার্থ। ইহার উপাদান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন। জল তরল পদার্থ, কিন্তু ইহার উপাদানগুলি গ্যাস। এক্ষেত্রে উপাদানগুলির ধর্ম লুপ্ত হইয়া নূতন ধর্মের সৃষ্টি হইয়াছে।

মিশ্র পদার্থের উপাদান যে-কোন অনুপাতে মিশানো যায় এবং এই মিশ্রণ ক্রিয়ায় তাপের কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু যৌগিক পদার্থ গঠনে উপাদান-গুলির নির্দিষ্ট অনুপাত ও রাসায়নিক প্রক্রিয়ার প্রয়োজন হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস যে কোন অনুপাতে মিশাইলেই জল হয় না, তৈয়ারী হয় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি মিশ্র গ্যাসীয় পদার্থ। কিন্তু আয়তন অনুপাতে দুইভাগ হাইড্রোজেন ও একভাগ অক্সিজেন মিশাইয়া বিদ্যুৎ স্পর্শ দিলে যৌগিক পদার্থ জল তৈয়ারী হয়। যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হইবার সময় তাপ বাহির হয় অথবা তাপ শোষণ হয়। কখন তাপ এত বেশী হয় যে, আগুন জ্বলিয়া উঠে এবং আলো বাহির হয়। মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের পার্থক্য বিশদভাবে বুঝিবার জন্য কতকগুলি পরীক্ষা নিম্নে দেওয়া হইল।

একটি খলে (mortar) কিছু গন্ধক ও কিছু লৌহ চূর্ণ নুড়ি (pestle) দ্বারা উত্তমরূপে মিশ্রিত করা হইল। গন্ধক ও লৌহ উভয়েই মৌলিক পদার্থ। ইহার মধ্যে—

(১) লৌহ চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয়, গন্ধক হয় না।

(২) লৌহ হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়, কিন্তু গন্ধক হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না।

(৩) গন্ধক কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয় কিন্তু লৌহ হয় না।

এখন এই মিশ্রণের খানিকটা একটি সাদা কাগজের উপর ছড়াইয়া নিম্নোক্ত পরীক্ষাগুলি করা হইল—

(ক) একটি উত্তল লেন্স (convex lens) দিয়া পরীক্ষা করিলে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে, কাল রংয়ের লোহার কণাগুলি হলদে রংয়ের গন্ধকের কণাগুলির পাশাপাশি অবস্থিত আছে।

(খ) মিশ্রণের সামনে একটি চুম্বক আনিলে লোহার কণাগুলি চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হইয়া উহার সহিত সংলগ্ন হইবে কিন্তু গন্ধক কণাগুলি কাগজের উপর

পড়িয়া থাকিবে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে ঐ মিশ্রে লৌহ-কণাগুলি চুম্বক-দ্বারা আকর্ষিত হইবার ভৌতধর্ম অপরিবর্তিত থাকে এবং মিশ্র হইতে উপাদান-গুলিকে সহজ পদ্ধতিতে ((mechanical means) পৃথক করা যায়।

(গ) ঐ মিশ্র পদার্থের কিছু অংশ একটি পরীক্ষা-নলে (test tube) লইয়া হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ঢালিলে, লোহার কণাগুলি এ্যাসিডে দ্রবীভূত হইতে থাকিবে এবং ভুর ভুর করিয়া একটি গন্ধহীন, বর্ণহীন, গ্যাস বাহির হইবে। এই গ্যাসটি আগুনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠিবে—ইহা হাইড্রোজেন গ্যাস। গন্ধক অদ্রবীভূত অবস্থায় পরীক্ষা-নলের নীচে পড়িয়া থাকিবে।

(ঘ) ঐ মিশ্র পদার্থের খানিকটা একটি পরীক্ষা-নলে লওয়া হইল এবং তাহার মধ্যে কার্বন ডাই-সালফাইড ঢালা হইল। দেখা যাইবে গন্ধক কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হইয়াছে। কিন্তু লৌহকণাগুলি অপরিবর্তিত আছে। ফিলটার কাগজের সাহায্যে পরিস্রুত করিয়া পরিস্রুতটি (filtrate) একটি পাত্রে লইয়া উন্মুক্ত বাতাসে রাখিয়া দিলে দেখা যাইবে উদ্বায়ী (volatile) কার্বন ডাই-সালফাইড অল্প সময় পরে বাতাসে উড়িয়া গিয়াছে এবং পাত্রে গন্ধকের দানা পড়িয়া আছে।

সুতরাং এই সমস্ত পরীক্ষা দ্বারা ইহাই প্রমাণিত হয় যে লোহা ও গন্ধকের মিশ্রণে উপাদানগুলির ধর্ম বজায় থাকে, কোন নূতন ধর্মের পদার্থ সৃষ্টি হয় না, মিশ্রণ করিবার সময় তাপের হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় না এবং উপাদাগুলিকে সহজ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায়। সুতরাং লৌহ ও গন্ধকের এই মিশ্রণ একটি "সাধারণ মিশ্রণ" মাত্র।

এখন ঐ মিশ্রের খানিকটা একটি পরীক্ষা নলে লইয়া বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করিলে মিশ্রণটি উচ্চতাপে গলিয়া যাইবে এবং কাল রং-য়ে পরিণত হইবে। পরীক্ষা-নলটি ঠাণ্ডা করিলে তরল বস্তুটি জমিয়া যাইবে। তখন পরীক্ষা-নলটি ভাঙ্গিয়া ঐ কাল কঠিন বস্তুটি গুঁড়া করিয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি করা হইল—

(ক) ঐ কাল গুঁড়া খানিকটা সাদা কাগজে ছড়াইয়া একটি উত্তল লেনস্ (convex lens) দিয়া দেখিলে লোহা ও গন্ধকের কণা দেখার পরিবর্তে একটি নূতন ধরনের কণা দেখা যাইবে।

(খ) একটি চুম্বক কাল গুঁড়ার সামনে ধরিলে কোন কণা চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হইবে না।

(গ) একটি পরীক্ষা-নলে কিছু গুঁড়া লইয়া তাহার মধ্যে কার্বন ডাই-সালফাইড ঢালিলে কোন কণাই দ্রবীভূত হইবে না।

(ঘ) একটি পরীক্ষা-নলে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড লইয়া তার মধ্যে গুঁড়া ফেলিলে গন্ধহীন হাইড্রোজেন গ্যাসের পরিবর্তে পচা ডিমের দুর্গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস (sulphureted hydrogen) বাহির হইবে।

সুতরাং এই সমস্ত পরীক্ষায় ইহাই প্রমানিত হয় যে, লোহা ও গন্ধক একত্রে তাপ দিয়া গলাইলে যে পদার্থটি তৈয়ারী হয় তাহাতে লোহা বা গন্ধকের কোন ধর্মই বজায় থাকে না—আয়রণ সালফাইড নামক একটি নূতন ধর্মবিশিষ্ট পদার্থের সৃষ্টি হয়। এই নূতন পদার্থটিকে সহজ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায় না। অতএব এই নূতন পদার্থটি একটি যৌগিক পদার্থ।

সাধারণ মিশ্রণ ও রাসায়নিক যৌগিক পদার্থের তুলনা

(১) মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলির ওজন যে কোন পরিমাণে থাকিতে পারে।

(১) যৌগিক পদার্থে উপাদান-গুলির ওজন সর্বদা নির্দিষ্ট অনুপাতে থাকে।

(২) মিশ্র পদার্থে উপাদানগুলির নিজ নিজ ধর্ম বজায় থাকে, কোন নূতন ধর্মের পদার্থ সৃষ্টি হয় না। উপাদান-গুলির সমষ্টিগত ধর্মই ইহার ধর্ম।

(২) যৌগিক পদার্থে উপাদান-গুলির ধর্ম বিলুপ্ত হইয়া একটি নূতন ধর্মের পদার্থ সৃষ্টি হয়।

(৩) ইহা সাধারণতঃ অসমসত্ব এবং কোন কোন ক্ষেত্রে সমসত্বও হইতে পারে।

(৩) ইহা সর্বদাই সমসত্ব এবং কখনও অসমসত্ব হইতে পারে না।

(৪) মিশ্র পদার্থ গঠন করিবার সময় উপাদানগুলির মধ্যে শুধু ভৌত পরিবর্তন ঘটে বলিয়া মিশ্রণ ক্রিয়ায় তাপের কোন আবির্ভাব বা তিরোভাব হয় না।

(৪) যৌগিক পদার্থ গঠনের সময় উপাদানগুলির মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে বলিয়া গঠন ক্রিয়ায় তাপের আবির্ভাব বা তিরোভাব অবশ্যই ঘটে।

(৫) মিশ্র পদার্থের উপাদান-গুলি বিচ্ছিন্ন ভাবে পরস্পরের পাশা-পাশি অবস্থান করে বলিয়া সহজ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায়।

(৫) যৌগিক পদার্থের উপাদান-গুলি পরস্পরের সহিত রাসায়নিক আকর্ষণে অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিয়া থাকে বলিয়া সহজ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায় না।

(৬) ইহার গলনাংক বা স্ফুট-নাংকের কোন স্থিরতা নাই।

(৬) ইহার গলনাংক বা স্ফুটনাংক সর্বদাই সুনির্দিষ্ট।

দ্রষ্টব্য ঃ—দ্রবণকালে এই নিয়মগুলির কিছু কিছু ব্যতিক্রম দেখিতে পাওয়া যায়—

(১) সাধারণতঃ মিশ্র পদার্থ অসমসত্ত্ব। কিন্তু দ্রাবকের মধ্যে দ্রাব অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিয়া সমসত্ত্ব দ্রবণ তৈয়ারী করে। যেমন জলে লবণ দ্রবীভূত করিলে এক ফোঁটা লবণজলে যে অনুপাতে লবণ ও জল পাওয়া যাইবে এক সের লবণজলেও সেই অনুপাতে লবণ ও জল পাওয়া যাইবে।

(২) মিশ্র পদার্থ গঠনের সময় তাপীয় পরিবর্তন হয় না। কিন্তু জলের মধ্যে সালফিউরিক এ্যাসিড মিশাইলে এ্যাসিডের দ্রবণ গরম হইয়া উঠে। আবার জলের মধ্যে নিশাদল মিশাইলে নিশাদলের দ্রবণ শীতল হইয়া যায়। অর্থাৎ যৌগিক পদার্থ গঠনের ন্যায় কোন কোন দ্রবণ জাতীয় মিশ্র পদার্থ তৈয়ারী করিবার সময় তাপের আবির্ভাব বা তিরোভাব হয়।

তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, মিশ্র পদার্থের দ্রবণের সঙ্গে যৌগিক পদার্থের অনেক মিল আছে। কিন্তু তবুও দ্রবণ মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ নয়। কারণ দ্রবণে উপাদানগুলির ধর্ম বজায় থাকে, কোন নূতন ধর্মের পদার্থের সৃষ্টি হয় না এবং উপাদানগুলিকে সহজ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায়। যেমন, লবণ জলের মধ্যে লবণের স্বাদ ও জলেব সিক্ততা উভয়েই বজায় থাকে এবং লবণ ও জলকে পাতন পন্থায় সহজেই পৃথক করা যায়।

ধাতু ও অধাতু ঃ

(Metal and Non-metal)

প্রকৃতিতে বর্তমানে মৌলগুলিকে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম অনুযায়ী দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। কতকগুলি মৌলকে ধর্ম অনুসারে **অধাতু** (non-metal) ও কতকগুলি মৌলকে ধর্ম-অনুসারে **ধাতু** (metal) বলা হয়। অবশ্য যে যে ধর্মের পার্থক্য অনুসারে ধাতু বা অধাতু বলা হইয়া থাকে তাহা সর্বক্ষেত্রে সুস্পষ্ট নয় এবং কতকগুলি ধাতু মৌলের মধ্যে অধাতব ধর্ম (non-metallic property) ও কতকগুলি অধাতু মৌলের মধ্যে ধাতব ধর্ম (metallic property) দেখিতে পাওয়া যায়।

আবার অল্পসংখ্যক কতকগুলি মৌলিক পদার্থ আছে যাহারা ধাতু ও অধাতুর মাঝামাঝি। অর্থাৎ তাহাদের কতকগুলি ধাতব ধর্মও আছে আবার

কতকগুলি অধাতব ধর্মও আছে। ইহাদিগকে ধাতুকল্প (metalloid) বলে। যেমন আর্সেনিক, এ্যান্টিমনী ইত্যাদি।

প্রধানতঃ যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য *অনুযায়ী ধাতু ও অধাতুর শ্রেণী বিভাগ করা হয় তাহা নিম্নে দেখান হইল—

অধাতু

১। অধাতুগুলি সাধারণতঃ তরল ও গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

[উদাহরণ : অকসিজেন, হাইড্রোজেন প্রভৃতি গ্যাস, ব্রোমিন তরল।

ব্যতিক্রম : কার্বন, ফসফরাস, আয়োডিন, গন্ধক প্রভৃতি কঠিন।]

২। অধাতুগুলি সাধারণতঃ অনুজ্জ্বল, এবং আলোক প্রতিফলনে অক্ষম।

[উদাহরণ : গন্ধক, ফসফরাস প্রভৃতি।

ব্যতিক্রম : আয়োডিন, গ্রাফাইট প্রভৃতি অধাতুগুলি উজ্জ্বল। ডায়মণ্ড আলোক প্রতিফলনে সক্ষম।]

৩। অধাতু সাধারণতঃ হালকা, শিথিল ও ভঙ্গুর (brittle)।

[ব্যতিক্রম : আয়োডিন অধাতু হইয়াও ভারী, ডায়মণ্ড ভঙ্গুর নয়।]

৪। অধাতু ঘাতসহনশীল বা প্রসারণশীল নয়, বরঞ্চ কঠিন অধাতু ভঙ্গুর।

ধাতু

১। ধাতুগুলি সাধারণতঃ কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়।

[উদাহরণ : তামা, লোহা প্রভৃতি।

ব্যতিক্রম : পারদ তরল।]

২। ধাতুগুলি সাধারণতঃ উজ্জ্বল, মসৃণ এবং আলোক প্রতিফলনে সক্ষম। ধাতুর এই উজ্জ্বল্যকে ধাতব দীপ্তি (metallic lusture) বলে।

[উদাহরণ : সোনা, রূপা প্রভৃতি।]

৩। ধাতু ভারী, শক্ত ও সুদৃঢ়।

[ব্যতিক্রম : সোডিয়াম, পটাশিয়াম জলের চেয়ে হাল্কা, এন্টিমনী ও বিসমাথ ধাতু হইয়াও ভঙ্গুর।]

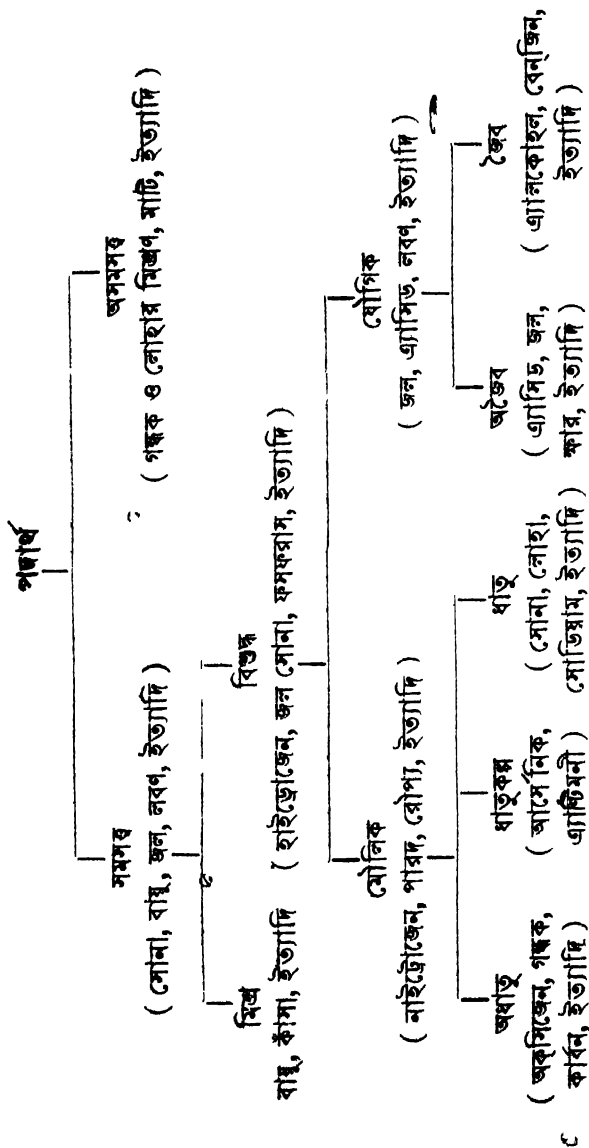
৪। ধাতু ঘাতসহনশীল (malleable)। অর্থাৎ ধাতুকে পিটাইয়া পাতলা পাত তৈয়ারী করা যায় এবং প্রসারণশীল (ductile) অর্থাৎ ধাতুকে টানিয়া তার প্রস্তুত করা যায়।

[উদাহরণ : সোনা, এ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতিকে পিটাইয়া পাতলা কাগজের মতন করা যায়। টাংসটেনকে (tungsten) টানিয়া তার করা যায়।]

---

* ধাতু ও অধাতুর ধর্মের পার্থক্য মধ্যশিক্ষা রসায়ন ৩য় খণ্ডে বিশদরূপে বর্ণনা করা হইয়াছে।

অধাতু	ধাতু
৫। অধাতুকে আঘাত করিলে কোন শব্দ হয় না।	৫। ধাতুকে আঘাত করিলে একপ্রকার শব্দ হয় যাহাকে ধাতব শব্দ (metallic clink) বলে। [ব্যতিক্রম : সোডিয়াম, পটাশিয়াম প্রভৃতি ধাতুর এরূপ শব্দ হয় না।]
৬। অধাতু তড়িৎ ও তাপের কু-পরিবাহক (bad conductor of heat and electricity)।	৬। ধাতু তড়িৎ ও তাপের সু-পরিবাহক (good conductor of heat and electricity)।
৭। অধাতু তড়িৎ-ঋণাত্মক (electro-negative)। [ব্যতিক্রম : হাইড্রোজেন অধাতু হইলেও তড়িৎ-ধণাত্মক।]	৭। ধাতু তড়িৎ-ধণাত্মক (eletro-positive)।
৮। অধাতু কম উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়। [ব্যতিক্রম : কার্বন, সিলিকন, বোরন উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়।]	৮। ধাতু খুব উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়। [ব্যতিক্রম : পারদ কম উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়।]
৯। অধাতুর অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ অম্লধর্মী (acidic) এবং জলের সহযোগে এ্যাসিড উৎপন্ন করে। [ব্যতিক্রম : আর্সেনিক প্রভৃতি কতকগুলি অধাতুর অক্সাইড উভধর্মী।]	৯। ধাতুর অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ ক্ষার ধর্মী (basic) এবং জলের সহযোগে ক্ষার উৎপন্ন করে। [ব্যতিক্রম : ম্যাঙ্গানীজ, ক্রোমিয়াম প্রভৃতি কতকগুলি ধাতব অক্সাইড অম্লধর্মী।]
১০। অধাতুগুলির সহিত লঘু এ্যাসিডের সাধারণতঃ কোন বিক্রিয়া হয় না।	১০। ধাতুগুলির অধিকাংশই লঘু এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।
১১। অধাতুগুলি সরল যৌগিক পদার্থ গঠন করে।	১১। ধাতুগুলি জটিল যৌগিক পদার্থ গঠন করে।

ছাত্রদের সুবিধার জন্য পদার্থের শ্রেণী বিভাগের একটি ছক নিম্নে দেওয়া হইল

Questions (প্রশ্নমালা)

1. Define the following terms—(a) element, (b) compound, (c) mixture, (d) metal, (e) non-metal, (f) metalloid.

[নিম্নলিখিত শব্দগুলির সংজ্ঞা দাও—(ক) মৌলিক, (খ) যৌগিক, (গ) মিশ্র, (ঘ) ধাতু, (ঙ) অ-ধাতু, (চ) ধাতুকল্প।]

2. How many elements are there in Nature ? Write the names of two solid elements, two liquid elements and two gaseous elements.

[প্রকৃতিতে মৌলিক পদার্থের সংখ্যা কয়টি ? দুইটি কঠিন মৌল, দুইটি তরল মৌল ও দুইটি গ্যাসীয় মৌলের নাম লিখ।]

3. State whether the following is an element, a compound or a mixture—(i) common salt, (ii) diamond, (iii) marble, (iv) air, (v) oxygen, (vi) iron, (vii) sulphur, (viii) sugar, (ix) gun-powder, (x) washing soda.

[নিম্নলিখিত পদার্থগুলি মৌলিক, যৌগিক বা মিশ্র পদার্থ কিনা বল—(১) লবণ, (২) হীরা, (৩) মার্বেল, (৪) বায়ু, (৫) অক্সিজেন, (৬) লৌহ, (৭) গন্ধক, (৮) চিনি, (৯) বারুদ, (১০) কাপড়কাচা সোডা।]

4. What is the difference between a mechanical mixture and a chemical compound ? Illustrate.

[সাধারণ মিশ্রণ ও রাসায়নিক যৌগিক পদার্থের মধ্যে প্রভেদ কি ? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।]

5. Describe two methods for the separation of iron and sulphur from a mixture of the two.

[লৌহচূর্ণ ও গন্ধকের মিশ্রণ হইতে তাহাদের পৃথক করার দুইটি উপায় বর্ণনা কর।]

6. What is the difference between a metal and a non-metal ? Explain mentioning the exceptions, if there is any.

[ধাতু ও অধাতুর পার্থক্য কি ? ব্যতিক্রমের উদাহরণসহ বর্ণনা কর।]

7. What happens when

(i) Electric charge is given to a mixture of 1 Part by weight of hydrogen ,and 10 Parts by weight of oxygen.

(ii) Electric charge is given to a mixture of 3 Parts by weight of hydrogen and 7 Parts by weight of oxygen.

(iii) Electric charge is given to a mixture of 3 Parts by volume of hydrogen and 1 Part by volume of oxygen.

(iv) 3 Parts by volume of nitrogen is mixed up with 2 Parts by volume of oxygen.

8. What are the chracteristics of mechanical mixtures and chemical compounds.

[মিশ্র পদার্থ ও যৌগিক পদার্থের বৈশিষ্ট্যগুলি বর্ণনা কর।]

৮

পদার্থের গঠন

(Constitution of Matter)

অণু ও পরমাণু

(Molecules and Atoms)

পদার্থ কি ভাবে গঠিত এই প্রশ্ন মানুষের মনে পুরাকাল হইতেই জাগিয়াছিল। গ্রীক দার্শনিক এরিস্ট্টলের (Aristotle, 490—430 B. C.) যুক্তি ছিল—শূন্য হইতে কোন পদার্থ তৈয়ারী হইতে পারে না (nothing can be made out of nothing) এবং কোন পদার্থ ধ্বংস করা সম্ভব নহে (It is impossible to annihilate anything)। তাঁহার সময় হইতে মাটি (earth), জল (water), আগুন (fire) ও বায়ু (air), এই কয়টি মৌলিক উপাদান বিভিন্ন মাত্রায় যুক্ত হইয়া বিভিন্ন পদার্থ সৃষ্টি করে, এইরূপ ধারণা প্রচলিত ছিল। পুরাকালে ভারতীয় মণীষীরাও মনে করিতেন যে, ক্ষিতি, অপ, তেজ, মরুৎ ও ব্যোম—এই কয়টি উপাদান দ্বারা পৃথিবীর সমস্ত পদার্থ গঠিত। কিন্তু একজন ভারতীয় ঋষি কল্পনা করিলেন, পৃথিবীর সমস্ত বস্তুই অসংখ্য ক্ষুদ্র পদার্থ কণার দ্বারা গঠিত। সেইজন্য তিনি **কণাদ** নামে পরিচিত ছিলেন। কণাদ পদার্থের এই অতি ক্ষুদ্র কণাগুলির নাম দেন **পরমাণু**। কণাদই প্রথমে পরমাণু কল্পনা করিয়াছিলেন। কিন্তু সঠিক প্রমাণ না থাকায় অনেকে মনে করেন পরমাণু-কল্পনা সর্বপ্রথম গ্রীক দার্শনিক **লিউকিপ্পাস** (Leucippus) করিয়াছিলেন। যীশুখৃষ্টের জন্মের পাঁচশত বৎসর পূর্বে গ্রীক দার্শনিক **ডিমোক্রিটাস** (Demokritos) বলিলেন—পৃথিবীর বস্তুরাশি অতিশয় ক্ষুদ্র পদার্থ-কণা দ্বারা গঠিত। তিনি এই কণার নাম দেন **এ্যাটম** (atom)। এ্যাটম শব্দের অর্থ অ-কাট্য (Greek—a = not, temno = I cut) অর্থাৎ এ্যাটম এত ক্ষুদ্রকণা যে ইহাকে আর কোন প্রকারে খণ্ড বা কাটা যায় না। কণাদের পরমাণু ও ডিমোক্রিটাসের এ্যাটম শব্দের অর্থ একই। তাঁহাদের মতে কোন মৌলিক পদার্থকে যদি ক্রমাগত খণ্ড করা যায়, তাহা হইলে এমন একটি চরম অবস্থা আসিবে যখন সেই ক্ষুদ্রতম অংশকে আর খণ্ড

করা যাইবে না, পদার্থের সেই ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্রতম অন্তিম কণাকে বলে এ্যাটম বা পরমাণু।

যেমন, এক টুকরা লোহাকে চূর্ণ-বিচূর্ণ করিয়া সূক্ষ্মাতিসূক্ষ্ম কণায় রূপান্তরিত করিলে দেখা যাইবে সূক্ষ্ম কণাগুলি ওজনে ও আয়তনে কম হইয়াছে বটে, কিন্তু প্রতিটি কণায় লোহার সমস্ত ধর্মই বিদ্যমান। কিন্তু কোন উপায়ে যদি এই সূক্ষ্ম কণাগুলিকে আরও বিভক্ত করা যায় তাহা হইলে উহারা এমন একটি সূক্ষ্ম কণায় আসিয়া পৌছিবে, যাহাকে আর বিভক্ত করা যাইবে না। লোহার এই অন্তিম ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য কণাকে লোহার পরমাণু (atom) বলা হয়। লোহার প্রতিটি পরমাণুতেই লোহার সমস্ত ধর্মই বিদ্যমান। সুতরাং ইহা বলা যায় যে, অসংখ্য লোহার পরমাণু লইয়াই লোহার খণ্ডটি গঠিত।

কেবলমাত্র লোহা নয়, সমস্ত মৌলিক পদার্থকে উপরোক্ত উপায়ে বিভক্ত করিয়া দেখান যায় যে, প্রতিটি মৌলিক পদার্থ ই ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্রতম কণা বা পরমাণু দ্বারা গঠিত। অবশ্য কোন পদার্থকে বিভক্ত করিয়া উহার পরমাণুতে পরিণত করা দৃশ্যতঃ সম্ভব নয়। কিন্তু রাসায়নিক ক্রিয়া-বিক্রিয়ায় উহাদের অস্তিত্ব সমর্থিত হয়। আরও দেখা গিয়াছে, দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ রাসায়নিক উপায়ে মিলিত হইয়া যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে। দুইটি মৌলিক পদার্থের মিলনের অর্থ হইল, মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি একত্র সমাবিষ্ট হয়, এবং পরমাণু সমাবেশের সময় একটি অপেক্ষা কম পরমাণু কখনও অংশ গ্রহণ করে না।

কিন্তু গ্রীক দার্শনিক এরিস্টট্‌ল পরমাণু-কল্পনার বিরোধিতা করেন। তাঁহার মতে লোহার টুকরাকে খণ্ড খণ্ড করিতে থাকিলে অন্তহীন ভাবে খণ্ড করা যাইবে। অর্থাৎ পদার্থের ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্রতম অন্তিমকণা বলিয়া কিছুই নাই। কিন্তু এই ধরনের পরমাণুবাদ (atomistic theories) বৈজ্ঞানিক পরীক্ষার উপর প্রতিষ্ঠিত ছিল না বলিয়া এরিস্টট্‌লের বিরোধিতার ফলে প্রায় দুই হাজার বৎসর পর্য্যন্ত পরমাণু-কল্পনা চাপা পড়িয়াছিল। আইরিশ বিজ্ঞানী **রবার্ট-বয়েল** (Robert Boyle) ও ব্রিটিশ বিজ্ঞানী **আইজাক নিউটন** (Issac Newton) গ্যাসীয় পদার্থ লইয়া গবেষণাকালে গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে পরমাণুর অস্তিত্ব অনুভব করেন। অবশেষে ১৮০৩ খৃষ্টাব্দে পরমাণু কল্পনাকে নূতন করিয়া প্রতিষ্ঠা করেন বৃটিশ বিজ্ঞানী **জন ডালটন** (John Dalton)। তাঁহার এই কল্পনাকে ডালটনের পরমাণুবাদ * (Dalton's atomic theory) নামে অভিহিত করা হয়।

* ডালটনের পরমাণুবাদের বিশদ বিবরণ মধ্যশিক্ষা বস রসায়ন ২য় খণ্ড ৩য় অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।

ডালটনের মতে প্রত্যেকটি পদার্থ, ক্ষুদ্রকণা দ্বারা গঠিত। এই ক্ষুদ্র কণাকে সেই পদার্থের পরমাণু বা এ্যাটম বলে। পরমাণুকে ধ্বংস বা সৃষ্টি করা যায় না। 92 রকম মৌলিক পদার্থের আছে 92 রকম মৌলিক পরমাণু। একই রকম মৌলিক পদার্থের প্রতিটি পরমাণু ধর্মে, স্বভাবে ও ওজনে একই রকম। বিভিন্ন প্রকার মৌলিক পদার্থের পরমাণু ধর্মে স্বভাবে ও ওজনে বিভিন্ন। পরমাণুগুলি রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং একটি পদার্থের নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণু অপর একটি পদার্থের নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে।

বিভিন্ন ধর্মের পরমাণু একত্র সংযুক্ত হইয়া গঠিত হইয়াছে পৃথিবীর বিভিন্ন বস্তুরাশি। ডালটনের এই পরমাণু-কল্পনা রসায়ন জগতে এক নূতন আলোক দান করিয়াছে।

ডালটনের পরমাণু কল্পনায় তৎকালীন কতকগুলি বায়বীয় পদার্থের রাসায়নিক ক্রিয়া ব্যাখ্যা করা কঠিন হইয়াছিল। কারণ, ডালটনের ধারণা ছিল, পরমাণুগুলি মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় এবং মৌলিক পদার্থের অন্তিম ক্ষুদ্রকণা মুক্ত অবস্থায় একটি পরমাণুরূপে থাকে। উপরন্তু বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু একত্রে যৌগিক পদার্থ গঠন করিলে সেই যৌগিক কণাকে কি বলা হইবে তাহা তিনি সঠিক বলিতে পারেন নাই। তিনি যৌগিক কণার নাম দেন, যৌগিক পরমাণু (Compound atom)। যেমন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সংযোগে যে যৌগিক পদার্থ জলকণা, গঠিত হয় তিনি ইহার নাম দেন জলের যৌগিক পরমাণু। ডালটনের পরমাণু-কল্পনার অসম্পূর্ণতা দূর করেন ১৮১১ খৃষ্টাব্দে ইটালীয়ান পদার্থবিদ **এ্যাভোগাড্রো** (Avogadro)। কিন্তু এ্যাভোগাড্রোর মতবাদ (Avogadro's Hypothesis) খ্যাতনামা বিজ্ঞানী ডালটন গ্রহণে আপত্তি করেন। এ্যাভোগাড্রোর মৃত্যুর পরে ১৮৫৮ খৃষ্টাব্দে **ক্যানিজারো** (Cannizzaro) নামে তাঁর এক ছাত্রের প্রচেষ্টায় এ্যাভোগাড্রোর মতবাদ বিজ্ঞানী সমাজ সত্য বলিয়া গ্রহণ করেন।

এ্যাভোগাড্রোর মতে পদার্থের কণা এক রকম নয়, দুই রকম। পরমাণু মৌলিক পদার্থের সূক্ষ্মতম এবং অন্তিম কণা বটে কিন্তু প্রকৃতিতে পরমাণু কণা মুক্ত অবস্থায় থাকে না। এই পরমাণু কণাগুলি সাধারণতঃ একই রকম পরমাণুর সঙ্গে অথবা অন্য রকম পরমাণুর সঙ্গে জোট বাঁধিয়া অপেক্ষাকৃত বৃহত্তর পদার্থ-কণা গঠন করে। এই বৃহত্তর কণাই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকে। তিনি এই বৃহত্তর কণার নাম দেন **মলিকুল বা অণু** (molecule)।

অতএব পৃথিবীর বস্তুরাশি পরমাণুরূপে গঠিত নয়—গঠিত অণুরূপে। এই অণু দুইভাবে গঠিত যথা—**মৌলিক অণু** (elementary molecule) ও **যৌগিক অণু** (compound molecule)।

একই রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণু পরস্পর জোটবদ্ধ হইয়া যে বৃহত্তর কণা গঠন করে তাহাকে মৌলিক অণু বলে।

যেমন, একটি অক্সিজেন অণু দুইটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। একটি ক্লোরিন গ্যাসের অণু দুইটি ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা গঠিত।

বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু পরস্পর জোটবদ্ধ হইয়া যে বৃহত্তর কণা গঠন করে তাহাকে যৌগিক অণু বলে।

যেমন জলের একটি অণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। লবণের একটি অণু একটি সোডিয়ামেব পরমাণু ও একটি ক্লোরিনের পরমাণু লইয়া গঠিত।

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি মৌলিক পদার্থ যাহা স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাস, সেইসব মৌলিক পদার্থের অণুতে দুইটি করিয়া পরমাণু থাকে। কার্বন, বোবন, সিলিকন, সালফার, ফসফসরাস, ইত্যাদি অধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থ যাহা স্বাভাবিক অবস্থায় কঠিন এবং সমস্ত ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থের অণুগুলি একটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত। সুতরাং কঠিন অধাতু জাতীয় এবং ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থের পরমাণু ও অণুর কাঠামোর মধ্যে মূলত কোন পার্থক্য নাই।

এ্যাভোগাড্রোর অণু কল্পনাটি গ্রহণ করিবার পব যৌগিক পদার্থের অন্তিম কণাকে আর পরমাণু বলা হয় না—বলা হয় অণু বা মলিকুল। একটি ক্ষুদ্র জলকণা লইয়া কল্পনার সাহায্যে যদি ক্রমাগত ক্ষুদ্রতর অংশে ভাগ করা যায়, তাহা হইলে শেষ পর্যন্ত যে ক্ষুদ্রতম জলকণার সন্ধান পাওয়া যাইবে এবং যাহাতে জলের সব ধর্মই বিদ্যমান থাকিবে, তাহাকেই জলের অণু বলা হইবে। রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় জলের অণুকে আরও ভাগ করিলে ইহার অণুর বন্ধন ভাঙ্গিয়া যায় এবং হাইড্রোজেন ও অকসিজেন পরমাণুগুলি মুক্ত হইয়া পড়ে। এই মুক্ত পরমাণুগুলি পরস্পর জোটবদ্ধ হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অণু গঠন করে।

পরমাণু ও অণুর সংজ্ঞা :

(Definition of atoms and molecules)

মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম অন্তিম কণা যাহা মুক্ত অবস্থায়

প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না এবং যাহা রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহাকে পরমাণু (atom) বলে।

মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যাহা পদার্থের ধর্ম বজায় রাখে এবং যাহা মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় তাহাকে অণু (molecule) বলে।

পরমাণু ও অণুর প্রভেদ :

(Difference between atoms and molecules)

১। পরমাণুগুলি মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা, কিন্তু অণুগুলি মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা। মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ধর্ম ও মৌলিক পদার্থের অণুর ধর্ম সর্বাংশে এক নয়। অক্‌সিজেনের পরমাণু, অক্‌সিজেনের অণুর চাইতে অনেক বেশী সক্রিয়। এত বেশী সক্রিয় যে পরমাণু পৃথকভাবে থাকে না। রাসায়নিক ক্রিয়ার সময় অক্‌সিজেনের পরমাণু ক্রিয়াশীল হয়। অক্‌সিজেন অণুর পৃথক সত্বা আছে, কিন্তু অক্‌সিজেন পরমাণুর নাই।

২। পরমাণুগুলি মুক্ত অবস্থায় থাকে না, থাকে একত্র জোটবদ্ধ হইয়া অণুরূপে। অর্থাৎ পরমাণুগুলি অণুর কাঠামে আবদ্ধ থাকে। অণুগুলি মুক্ত অবস্থায় থাকে।

৩। পরমাণুকে ভাঙ্গাও যায় না বা গড়াও যায় না। অর্থাৎ পরমাণু অবিভাজ্য। কিন্তু অণুকে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় ভাঙ্গা যায়। অণু ভাঙ্গিয়া যাইলে অণুর কাঠামে আবদ্ধ পরমাণুগুলি মুক্ত হইয়া পড়ে।

৪। পরমাণুগুলি রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, অণু রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না।

***আন্তরাণবিক স্থান :**

(Intermolecular spaces)

কোন পদার্থই যথার্থ নিরবিচ্ছিন্ন (concrete) নয়, বরং বিচ্ছিন্ন (discrete); যেমন কতকগুলি খেলার মার্বেল যদি একেবারে গায়ে গায়ে সাজিয়ে রাখা যায়, তাহা হইলে তাহাদের একটা শৃঙ্খলা থাকিবে, কিন্তু সেই অবস্থায়ও তাহাদের মধ্যে খানিকটা ফাঁক থাকিয়া যায়, একেবারে নিশ্ছিদ্রভাবে স্থানটি ভর্তি করে না। সেইরূপ পদার্থ অণুসমষ্টি দ্বারা গঠিত, এবং এই অণুগুলির পরস্পর সংবদ্ধ অবস্থায়ও উহাদের মধ্যে মধ্যে শূন্যস্থান থাকিয়া যায়। এই

* পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে।

মধ্যবর্তী শূন্যস্থানকে **আন্তরাণবিক স্থান** (Intermolecular space) বলা হয়। কঠিন পদার্থের মধ্যেও অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে সংলগ্ন অবস্থায় সুশৃঙ্খলভাবে সাজানো থাকে বটে, কিন্তু ইহার মধ্যে মধ্যে বিচ্ছিন্নভাবে সূক্ষ্ম ফাঁক থাকিয়া যায়। আন্তরাণবিক স্থান একেবারে শূন্য নয়—বর্ণহীন, ওজনহীন ইথার (ether) নামক পদার্থ দ্বারা পূর্ণ।

রাসায়নিকেরা মনে করেন অণুগুলি স্থির নহে। তাঁহারা অনুমান করেন যে অণুগুলি এই শূন্যস্থানের মধ্যে দ্রুত-কম্পন-গতিশীল। তাহারা সর্বদা এদিক-ওদিক (to and fro) অতি দ্রুতবেগে চলাফেরা করে। ফলে অণুগুলির মধ্যে সর্বদাই পরস্পর হইতে বিযুক্ত হইবার একটি স্বাভাবিক প্রবণতা থাকে। রাসায়নিকেরা আরও অনুমান করেন যে, পদার্থের অণুগুলি নির্দিষ্ট গণ্ডীর মধ্যে থাকিলে পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করে। নির্দিষ্ট গণ্ডীর বাহিরে যাইলে পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করিবার শক্তি অন্তর্হিত হয়। অণুর মধ্যে এই আকর্ষণী শক্তিকে **আন্তরাণবিক আকর্ষণ শক্তি** (Intermolecular force of attraction) বলে।

কঠিন পদার্থে আন্তরাণবিক স্থান অতি সূক্ষ্ম এবং আন্তরাণবিক আকর্ষণী শক্তি অত্যন্ত প্রবল। ফলে কঠিন পদার্থের অণুগুলি পরস্পরের সহিত দৃঢ় আকর্ষণে শৃংখলাবদ্ধ থাকে। ইহার ফলেই কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন আছে। কঠিন পদার্থকে তাপ দিলে, অণুগুলি কাঁপিতে থাকে, এবং পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইবার গতি বাড়িয়া যায়। কিন্তু নিজেদের মধ্যে আকর্ষণ এত প্রবল যে, স্বাভাবিক তাপে ইহারা সহজে স্থানচ্যুত হয় না। তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে যে কোন দুইটি অণুর মধ্যেকার ব্যবধান বাড়িতে থাকে এবং আন্তরাণবিক আকর্ষণ শক্তিও হ্রাস পাইতে থাকে, ফলে কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হয়। তাপ যত বৃদ্ধি পাইতে থাকে অণুগুলির গতি তত বৃদ্ধি পায়। শেষে যে কোন দুইটি অণুর মধ্যে দূরত্ব এতই বৃদ্ধি পায় যে তরল পদার্থ গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হইয়া যায়।

তরল পদার্থে অণুগুলির মধ্যে এই ফাঁকের মাত্রা অনেক বেশী। ফলে পরস্পরের প্রতি আকর্ষণের শক্তিও কম। সেইজন্য অণুগুলি শৃংখলাহীন ভাবে সর্বদা ইতস্ততঃ বিচ্ছিন্ন হইয়া ছুটাছুটি করে এবং পরস্পরের সহিত ধাক্কা খায়। সেই কারণেই, তরল পদার্থের কঠিন পদার্থের মত কোন নির্দিষ্ট আকার নাই। কিন্তু অণুগুলির মধ্যে সামান্য আকর্ষণ থাকায় তরল পদার্থ খোলা পাত্রে রাখিলে ইহার অণুগুলি সব উপর দিকে ছুটিয়া বাহির হইয়া যায় না। ফলে তরল

পদার্থের আয়তন নির্দিষ্ট থাকে এবং যে পাত্রে রাখা যায় সেই পাত্রেরই আকার ধারণ করে। আবার কঠিনের তুলনায় তরল পদার্থের অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ কম থাকায় ইহা প্রবাহিত হয় এবং পাত্রে কোন ছিদ্র থাকিলে সেখান দিয়া বাহির হইয়া যায়। ভিতরের অণুগুলির আকর্ষণে তরল পদার্থের উপরিভাগ সর্বদা অনুভূমিক সমতল থাকে।

গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলির মধ্যে এই ফাঁকের মাত্রা এত বেশী যে ইহার আন্তরাণবিক শক্তি প্রায় নাই। অণুগুলি প্রচণ্ডবেগে ইতস্ততঃ স্বাধীনভাবে ছুটাছুটি করিতে থাকে। সেইজন্য গ্যাসের কোন নির্দিষ্ট আকার এবং আয়তন নাই এবং ইহাকে খোলা পাত্রে রাখা সম্ভব নয়। কারণ পাত্রে কোন ফাঁক থাকিলেই সেখান দিয়া গ্যাসের অণুগুলি দ্রুতবেগে বাহির হইয়া যায়। এখন গ্যাসকে শীতল করিলে অণুর গতি কমিয়া যায়। আবার সামান্য চাপ দিলে গ্যাসের অণুগুলির ফাঁকের মাত্রা কমিয়া যায়। ফলে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনও কমিয়া যায়। এইভাবে শীতল ও চাপ একত্রে গ্যাসের উপর প্রয়োগ করিলে, গ্যাসের অণুগুলির গতি ও ব্যবধান অনেক কমিয়া যায়, ফলে গ্যাস তরলে পরিণত হয়। আরও শীতল ও চাপ প্রয়োগ করিলে গ্যাস তরল অবস্থা হইতে কঠিনে পরিণত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে শীতল ও চাপ প্রয়োগ করিলে তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডে পবিণত হয়। আরও শীতল করিলে ও চাপ দিলে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বরফের চাইতে কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড অনেক বেশী শীতল বলিয়া মাংস, সব্জী, ফল, ইত্যাদি তাজা অবস্থায় বিদেশে চালান দিবার জন্য আজকাল কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

পরমাণু-ভার ও অণু-ভার :
(Atomic weight and Molecular weight)

পরমাণুর ওজন বা ভার (weight) আছে বলিয়াই পদার্থের ওজন হইয়া থাকে। কিন্তু পদার্থের অণু ও পরমাণু এত ক্ষুদ্র যে উহাদের তুলায় (balance) ওজন করিয়া প্রকৃত ওজন বাহির করা অসম্ভব। গণনার সাহায্যে জানা যায় যে, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন $1 \cdot 66 \times 10^{-24}$ গ্রাম মাত্র। এরূপ ক্ষুদ্র ওজনকে পরীক্ষামূলকভাবে, অতি সূক্ষ্ম তুলাতেও ওজন করা সম্ভব নয়। এমন কি সর্বাপেক্ষা ভারী মৌল ইউরেনিয়ামের একটি পরমাণুর ওজনও $395 \cdot 2 \times 10^{-24}$ গ্রাম মাত্র। সুতরাং পরমাণুর প্রকৃত ওজন নির্ধারণ করা

খুবই কঠিন এবং বিভিন্ন রাসায়নিক গণনাতেও এইসব ওজন ব্যবহার করা অত্যন্ত অসুবিধাজনক। সেইজন্য পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব (relative density) বাহির করিয়া পরমাণুর আপেক্ষিক ওজন বাহির করা হয়। বিজ্ঞানীরা কোন নির্দিষ্ট মৌলের পরমাণুর ওজনকে একক (unit) ধরিয়া উহার আপেক্ষিকে অন্য মৌলের পরমাণুর ওজন বাহির করিয়া থাকেন। যে মৌলের পরমাণুর ওজনকে একক বলিয়া ধরিয়া লওয়া হয়, ঐ মৌলকে **গ্রুবক বস্তু** (standard snbstance) বলা হয়।

মৌলিক পদার্থের মধ্যে হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা লঘু। সুতরাং একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনকে একক (unit) ধরা হয়। অতএব,

একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায়, কোন মৌলের একটি পরমাণু যতগুণ ভারী সেই সংখ্যাটিকে সেই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ভার (atomic weight) বলা হয়।

$$\text{অর্থাৎ মৌলের পারমাণবিক ভার} = \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

সুতরাং পারমাণবিক ভার, পরমাণুর প্রকৃত ভার নয়। হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা যতগুণ ভারী তাহাই নির্দেশ করে। সুতরাং ইহা একটি সংখ্যামাত্র। উদাহরণ স্বরূপ, অক্সিজেনের পরমাণুভার 16 ; উহার অর্থ, একটি অক্সিজেন পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 16 গুণ ভারী।

কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে গ্রাম পারমাণবিক ভার বা গ্রাম পরমাণু (gram atomic weight or gram atom) পাওয়া যায়। 1 গ্রাম পরমাণু ক্লোরিন অর্থে, 35·5 গ্রাম ক্লোরিন বুঝায়।

কোন পদার্থের অণু, হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় যতগুণ ভারী সেই গুণিতক সংখ্যাটিকে, পদার্থটির আণবিক ভার বা গুরুত্ব (molecular weight) বলা হয়।

$$\text{অর্থাৎ পদার্থের আণবিক ভার} = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

আবার অণু গঠিত হয় পরমাণু সংযোগে। সুতরাং

একটি অণুতে যতগুলি পরমাণু আছে সেই পরমাণুগুলির সম্মিলিত ওজনকেও আণবিক ওজন বলা যায়।

পদার্থের আণবিক ভার গণনার জন্য—অণুর অন্তর্গত পরমাণু সংখ্যাকে উহাদের যথাক্রম পারমাণবিক ভার দিয়া গুণ করিয়া, পরে মোট পারমানবিক ভারগুলির যে যোগফল পাওয়া যায়, উহাই পদার্থের আণবিক ভার।

দৃষ্টান্ত :—১। একটি ক্লোরিন গ্যাস অণুতে দুইটি পরমাণু আছে।

একটি ক্লোরিন পরমাণুর পরমাণু-ভার = 35·5

দুইটি " " " = 2 × 35·5 = 71

সুতরাং ক্লোরিনের আণবিক-ভার = 71

অর্থাৎ একটি ক্লোরিন অণু 71টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান ভারী।

২। একটি জলের অণুতে আছে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেন পরমাণু।

একটি অক্সিজেন পরমাণুর পরমাণু-ভার = 16

দুইটি হাইড্রোজেন " " = 2 × 1 = 2

সুতরাং জলের আণবিক ভার··· = 18

৩। একটি নাইট্রিক এ্যাসিড অণুতে আছে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি নাইট্রোজেন পরমাণু ও তিনটি অক্সিজেন পরমাণু।

একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর পরমাণু-ভার = 1

" নাইট্রোজেন " " = 14

তিনটি অক্সিজেন " " = 3 × 16 = 48

সুতরাং নাইট্রিক এ্যাসিডের আণবিক ভার ··· = 63

পদার্থের আণবিক ভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে, গ্রাম আণবিক ভার বা গ্রাম অণু (gram molecular weight or gram molecule) **পাওয়া যায়।**

উদাহরণস্বরূপ—অক্সিজেনের গ্রাম আণবিক ভার = 32 গ্রাম।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What do you mean by the terms atom, molecule, atomic weight and molecular weight? Illustrate with examples.

[পরমাণু, অণু, পরমাণুভার ও অণুভার বলিতে কি বুঝ? উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর।]

2. What do you understand by a molecule? Make a simple comparison between a molecule and an atom.

[অণু বলিতে কি বুঝ? সহজভাবে অণু ও পরমাণুর তুলনা দাও।]

3. What do you understand by Elementary molecule and Compound molecule? Illustrate.

[মৌলিক অণু ও যৌগিক অণু কাহাকে বলে? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।]

4. State which of the following are Elementary molecule and Compound molecule.

[নিম্নলিখিত পদার্থগুলির কোন্‌টি মৌলিক অণু ও কোন্‌টি যৌগিক অণু দ্বারা গঠিত বল।]

(i) Silver, (ii) copper sulphate (তুঁতে), (iii) copper, (iv) nitrogen, (v) marble, (vi) spirit (স্পিরিট), (vii) sulphur, (viii) sodium, (ix) nitre (সোরা), (x) acid.

5. Explain the meaning of "atomic weight of oxygen is 16"; what will be its molecular weight?

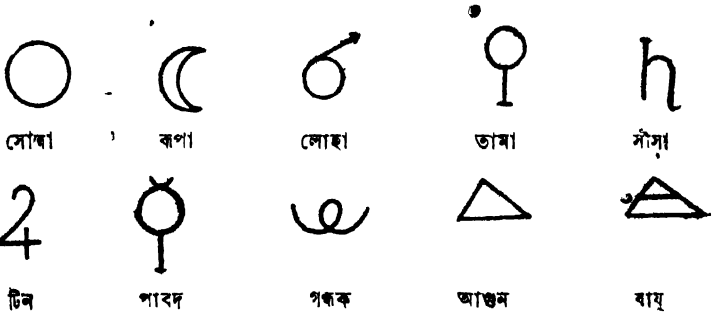
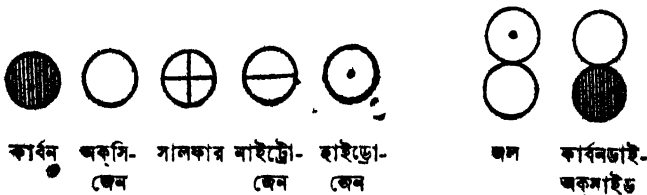
["অক্‌সিজেনের পরমাণুভার 16" বলিতে কি বুঝায়? ইহার আণবিক ভারই বা কত?]

প্রতীক ও সংকেত

(Symbol and Formula)

পদার্থের গঠন ও রাসায়নিক পরিবর্তন প্রভৃতি সংক্ষেপে বুঝাইবার জন্য বিজ্ঞানীরা কতকগুলি চিহ্ন বা প্রতীকের সাহায্য নেন। কারণ পদার্থের সম্পূর্ণ নামটি লেখার পরিবর্তে এই চিহ্ন অনেক সহজে এবং অল্প সময়ে লেখা যায়।

মৌলিক পদার্থের পূর্ণ নামের পরিবর্তে সাংকেতিকভাবে লিখিত নামকে বলা হয় প্রতীক (symbol)।

প্রাচীনকালে গ্রীস ও মধ্যযুগের রাসায়নিকদের (alchemists) সময় হইতেই প্রতীক ব্যবহারের প্রয়োজন বিজ্ঞানীরা অনুভব করেন। তাঁহারা ধাতুর সহিত জ্যোতিষ্কের সম্পর্ক কল্পনা করিয়া, প্রাচীন হিন্দু ও গ্রীক জ্যোতির্বিদদের ব্যবহৃত জ্যোতিষ্কগুলির বিভিন্ন সাংকেতিক চিহ্নকে, কতকগুলি ধাতুর প্রতীকরূপে ব্যবহার করিতেন। যেমন,

প্রাচীনকালের জ্যোতির্বিদদের এরূপ জটিল প্রতীকগুলি কিছুকাল পরেই পরিত্যক্ত করা হয়। পরে বিজ্ঞানী ডালটন আর একরকম সহজ প্রতীকের প্রবর্তন করেন।

মৌলিক পদার্থের এইরূপ প্রতীকগুলি সাজাইয়া ডালটন যৌগিক পদার্থেরও প্রতীক প্রবর্তন করেন। কিন্তু নূতন নূতন মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ

আবিষ্কার হওয়ার ফলে ডালটনের প্রতীকগুলি মনে রাখা খুবই কঠিন হইল। অবশেষে **সুইডিস বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস** (Berzelius) ১৮১১ সালে মৌলিক পদার্থের প্রতীক প্রকাশের একটি সহজ পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। তাঁহার পদ্ধতিই বর্তমানে সারা পৃথিবীতে বিজ্ঞানী সমাজ গ্রহণ করিয়াছে। এই পদ্ধতিতে—

সাধারণতঃ মৌলিক পদার্থের ইংরাজী নামের প্রথম অক্ষর, ইংরাজী বড় অক্ষর (capital letter) প্রকাশ করিলে, উহার প্রতীক নির্দেশিত হয়। যেমন হাইড্রোজেনের (Hydrogen) প্রতীক—H, অক্সিজেনের (Oxygen) প্রতীক—O, কার্বনের (Carbon) প্রতীক—C, ইত্যাদি।

কিন্তু যদি একাধিক মৌলের নাম, ইংরাজী একই আদ্যক্ষর দ্বারা আরম্ভ হয়, তাহা হইলে একটি মৌলের প্রতীক আদ্যক্ষর দ্বারা স্থির করা হয় এবং অপরগুলির প্রতীক দুইটি অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহার জন্য মৌলটির নামের উচ্চারণের যে অক্ষরটির প্রাধান্য লক্ষিত হয় তাহা ইংরাজীর ছোট অক্ষরে মৌলটির আদ্যক্ষরের পার্শে লিখিতে হয়। যেমন, কার্বন (Carbon), ক্লোরিন (Chlorine), ক্যালসিয়াম (Calcium), ক্রোমিয়াম (Chromium), ক্যাডমিয়াম (Cadmium) এই পাঁচটি মৌলের প্রথম অক্ষর C। সুতরাং কার্বনের প্রতীক—C স্থির করিয়া অপর মৌলগুলির নামের যে অক্ষরগুলির উচ্চারণে প্রাধান্য লক্ষিত হয়, যেমন, ক্লোরিনে—l, ক্যালসিয়ামে—a, ক্রোমিয়ামে—r, ক্যাডমিয়ামে—d, তাহা C-র ডানপাশে ছোট অক্ষরে লিখিয়া প্রতীক প্রকাশ করা হয়। সুতরাং ক্লোরিনের প্রতীক—Cl, ক্যালসিয়ামের প্রতীক—Ca, ক্রোমিয়ামের প্রতীক—Cr, ক্যাডমিয়ামের প্রতীক—Cd।

আবার অনেকক্ষেত্রে মৌলের ল্যাটিন নাম হইতে তাহার প্রতীক গৃহীত হইয়াছে। যেমন নেট্রিয়াম (Natrium) হইল সোডিয়ামের (Sodium) ল্যাটিন নাম। সুতরাং সোডিয়ামের প্রতীক—Na কারণ, N হইল নাইট্রোজেনের প্রতীক। সেইরূপ পটাশিয়ামের (Potassium) প্রতীক—K (ল্যাটিন—Kalium), পারদের (Mercury) প্রতীক—Hg (ল্যাটিন—Hydrargyum), লোহার (Iron) প্রতীক—Fe (ল্যাটিন—Ferrum), প্রভৃতি।

প্রতীক যে কেবলমাত্র মৌলের নাম সংক্ষেপে প্রকাশ করে তাহা নহে, ইহার দ্বারা মৌলের একটি পরমাণু ও তাহার একটি নির্দিষ্ট পরিমাণও বুঝায়। যেমন, প্রতীক O বলিতে, অক্সিজেন ও ইহার একটি পরমাণু এবং 16 ভাগ

ওজন বুঝায়। মৌলের একাধিক পরমাণুকে বুঝাইতে হইলে প্রতীকের বাম দিকে সংখ্যাবাচক রাশিটি লিখিতে হয়। 2H দ্বারা দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু বুঝায়। কয়েকটি প্রয়োজনীয় মৌলিক পদার্থের নাম, প্রতীক ও পারমাণবিক গুরুত্ব—

বাংলায় লিখিত নাম	ইংরাজীতে লিখিত নাম	ল্যাটিন নাম	প্রতীক চিহ্ন	পারমাণবিক ভার
হাইড্রোজেন	Hydrogen		H	1
কার্বন	Carbon		C	12
নাইট্রোজেন	Nitrogen		N	14
অকসিজেন	Oxygen		O	16
ফ্লোরিন	Fluorine		F	19
সোডিয়াম	Sodium	Natrium	Na	23
ম্যাগনেসিয়াম	Magnesium		Mg	24
এ্যালুমিনিয়াম	Aluminium		Al	27
ফসফরাস	Phosphorus		P	31
গন্ধক	Sulphur		S	32
ক্লোরিন	Chlorine		Cl	35·5
পটাশিয়াম	Potassium	Kalium	K	39
ক্যালসিয়াম	Calcium		Ca	40
ম্যাঙ্গানীজ	Manganese		Mn	55
লোহা	Iron	Ferrum	Fe	56
তামা	Copper	Cuprum	Cu	63·5
দস্তা	Zinc		Zn	65
ব্রোমিন	Bromine		Br	80
টিন	Tin	Stannum	Sn	119
এ্যান্টিমনী	Antimony	Stibum	Sb	122
আয়োডিন	Iodine		I	127
পারদ	Mercury	Hydrargyum	Hg	200
সীসা	Lead	Plumbum	Pb	207
রেডিয়াম	Radium		Ra	226
ইউরেনিয়াম	Uranium		U	238

সংকেত (Formula) :—মৌলিক ও যৌগিক দুইরকম অণুই গঠিত হয় পরমাণুর সম্মিলনে। তাই পরমাণুর প্রতীক পর পর লিখিয়া অণুর প্রতীকও সাংকেতিক ভাবে লেখা যায়।

যে সাংকেতিক চিহ্ন দ্বারা মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের অণুকে প্রকাশ করা হয় তাহাকে সংকেত (Formula) বা আণবিক সংকেত (molecular formula) বলে।

মৌলিক অণুর সংকেত লিখিতে হইলে—মৌলিক অণুতে যতগুলি পরমাণু আছে তাহার সংখ্যা পরমাণুর প্রতীকের ডাইনে ও নীচে কোণাকুণি ভাবে লিখিতে হয় এবং অণুর সংখ্যা লিখিতে হয় অণুর প্রতীকের বামে পাশাপাশি।

যেমন, একটি অক্সিজেন অণুতে দুইটি পরমাণু আছে সুতরাং অক্সিজেন পরমাণুর প্রতীক O লিখিয়া ইহার ডানদিকে নীচে কোণাকুণি ভাবে 2 সংখ্যাটি লিখিতে হয়। সুতরাং অক্সিজেনের সংকেত O_2। এইরূপ হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের আণবিক সংকেত যথাক্রমে H_2 ও N_2। একাধিক সংখ্যার অণু লিখিতে হইলে—$3H_2$, $5O_2$, $2N_2$ এইভাবে লিখিতে হয়।

যৌগিক অণুর সংকেত লিখিতে হইলে—যে সমস্ত মৌলিক পদার্থের পরমাণু দ্বারা যৌগিক পদার্থের অণু গঠিত তাহাদের পরমাণুর প্রতীক পর পর সাজাইয়া লিখিতে হয়। এখন যদি কোন একটি মৌলের পরমাণুর সংখ্যা একাধিক হয় তাহা হইলে সেই পরমাণুর প্রতীকের ডাইনে নীচে কোণাকুণি ভাবে মোট পরমাণু সংখ্যা লিখিতে হয়। উদাহরণস্বরূপ, জলের একটি অণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেন পরমাণুর দ্বারা গঠিত। সুতরাং জলের সংকেত লিখিবার সময় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের প্রতীক পর পর লিখিয়া হাইড্রোজেনের প্রতীকের ডাইনে ও নীচে কোণাকুণি ভাবে 2 সংখ্যাটি লিখিতে হয়। অতএব জলের সংকেত H_2O।

সাধারণতঃ রাসায়নিক ক্রিয়ার সময় ধাতুর সহিত অধাতুর আকর্ষণ বেশী। ধাতুর সহিত ধাতুর ক্রিয়া সম্ভব নয়। সেইজন্য যে যৌগিক পদার্থের অণু শুধু ধাতু ও অধাতু দ্বারা গঠিত সেই অণুর সংকেতে ধাতুর প্রতীক আগে লিখিতে হয়। যেমন যৌগিক পদার্থ লবণ একটি সোডিয়াম ধাতুর পরমাণু ও একটি ক্লোরিন অধাতু পরমাণু দ্বারা গঠিত। সুতরাং লবণের সংকেত হইবে NaCl। হাইড্রোজেন অধাতু হইয়াও ধাতুর মত ব্যবহার করে। তাই জলের সংকেতে হাইড্রোজেনের প্রতীক আগে বসে। কিন্তু যদি যৌগিক পদার্থের অণু

দুইটি অধাতু পদার্থ দ্বারা গঠিত হয় তাহা হইলে যে পদার্থটি যৌগিক পদার্থের মধ্যে বিশিষ্ট বা মূল পদার্থ তাহার প্রতীকটি আগে লিখিতে হয়। যেমন, কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণু একটি কার্বনের পরমাণু ও দুইটি অক্সিজেনের পরমাণু দ্বারা গঠিত এবং এই যৌগিক পদার্থে কার্বন বিশেষ পদার্থ। সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংকেত হইবে CO_2। একাধিক অণু লিখিতে হইলে সংকেতের বামদিকে সংখ্যাবাচক রাশিটি লিখিতে হয়। যেমন $3HNO_3$ দ্বারা নাইট্রিক এ্যাসিডের তিনটি অণু বুঝায়।

কোন পদার্থের সংকেত দ্বারা জানা যায়ঃ

১। পদার্থটির নাম ও গঠন পরিচয় ;

২। পদার্থটি কি কি মৌল দ্বারা গঠিত ;

৩। পদার্থটির মধ্যে কোন্ মৌলের কয়টি করিয়া পরমাণু আছে ;

৪। পদার্থটির আণবিক ভার ;

৫। যৌগিক পদার্থটির বিভিন্ন উপাদানের শতাংশ ওজনও জানা সম্ভব।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What do you mean by a Symbol ? Who discovered the present system of writing symbols ? How are the symbols written ? Illustrate.

[প্রতীক বলিতে কি বুঝ ? প্রতীক লিখিবার বর্তমান পদ্ধতি কে আবিষ্কার করেন ? কিভাবে প্রতীক লিখিতে হয় ? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।]

2. What is a Formula ? How are the formulae of elementary molecules and compound molecules written ?

[সংকেত কাহাকে বলে ? কিভাবে মৌলিক অণু ও যৌগিক অণুর সংকেত লিখিতে হয় ?]

3. Correct the following formulae [নিম্নলিখিত সংকেতগুলি সংশোধন কর]—NHO_3, O_3HN, O^2, $_2O$, ^2N, ClNa, OH_2, ClH, OHH, SH_2O_4, OMg, ClAg, OHg, OCa, O^2C, $HNaO_4S$, O_3C Ca, $_3HN$, HN_3, OCu_2.

4. Explain fully what the formulae O_2 and CO_2 represent.

[O_2 এবং CO_2 সংকেত দুইটি হইতে যাহা জানা যায় বিশদ ব্যাখ্যা কর।]

১০

যোজ্যতা

(Valency)

পৃথিবীতে বিভিন্ন প্রকারের অগণিত যৌগিক পদার্থ আছে। 92 রকম মৌলিক পদার্থের 92 রকম পরমাণু নানাভাবে রাসায়নিক আসক্তি দ্বারা সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থের অণু সৃষ্টি করে। পরমাণুগুলির মধ্যে এই সংযোগ যথেচ্ছভাবে হয় না বরং ইহা একটি নির্দিষ্ট নিয়মের দ্বারা চালিত হইতেছে। যেমন, দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণু একটি অক্সিজেন পরমাণুর সংযোগে যে যৌগিক পদার্থ গঠিত হয় তাহাকে সুনিশ্চিতভাবে বলা যায় জল। কিন্তু তিনটি অক্সিজেন পরমাণু ও দুইটি হাইড্রোজেন বা একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু সম্মিলিত হইয়া কোনভাবেই জল গঠন করিতে পারে না।

অতএব কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণু অন্য কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সহিত খেয়াল খুশিমত সংযুক্ত হইয়া অণু গঠন করিতে পারে না। যে সব মৌলিক পদার্থের মধ্যে পরস্পরের প্রতি রাসায়নিক আকর্ষণ আছে তাহারাই রাসায়নিক যৌগিক গঠন করিতে পারে এবং যৌগিক পদার্থের অণুতে কোন্ মৌলের কতগুলি পরমাণু সংযোগে গঠিত তাহার নিয়মও সুনির্দিষ্ট।

বিভিন্ন মৌলের পরস্পরের সহিত মিলিত হইয়া যৌগিক অণু গঠনের ক্ষমতাকে বলা হয় মৌলিক পদার্থের যোজন ক্ষমতা বা যোজ্যতা (valency)। এই যোজন ক্ষমতা বা যোজ্যতা (valency) সব মৌলের এক নহে। ভিন্ন ভিন্ন মৌলের পরমাণুর যোজন ক্ষমতা ভিন্ন। যেমন, একটি ক্লোরিন পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া একটি (HCl) অণু গঠন করে, একটি অক্সিজেন পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া একটি অণু জল (H_2O) গঠন করে, একটি নাইট্রোজেন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া একটি এ্যামোনিয়া (NH_3) অণু গঠন করে। একটি কার্বনের পরমাণু চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া একটি মিথেন (CH_4) গ্যাসের অণু গঠন করে। হাইড্রোজেনের সহিত অন্য মৌলের সংযোগের ক্ষেত্রেও এইরূপ লক্ষ্য করা যায়।

ইহা হইতে দেখা যাইতেছে যে **বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর, বিভিন্ন সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর (এক, দুই বা ততোধিক) সহিত যুক্ত হইয়া অণু গঠনের ক্ষমতা আছে এবং এই যুক্ত হইবার ক্ষমতা বা যোজ্যতা সকল ক্ষেত্রে এক নহে।**

এখন প্রশ্ন আসিতে পারে, সব উদাহরণগুলিতেই হাইড্রোজেনের সহিত বিভিন্ন মৌলের যৌগিক ধরিয়া, যুক্ত হইবার ক্ষমতাকে তুলনা করা হইতেছে কেন। ইহার কারণ, একটি মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করিতে হইলে কোন একটি মৌলের পরমাণুকে মাপকাঠি রূপে ব্যবহার করিতে হয়। আরও দেখা গিয়াছে, **কোন ক্ষেত্রেই** [একমাত্র hydrazoic acid (N_3H)—হাইড্রাজোয়িক এ্যাসিড ছাড়া] **হাইড্রোজেনের কোন যৌগেই একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু, মৌলের একাধিক পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হয় নাই।** অর্থাৎ কখনও একটি হাইড্রোজেন পরমাণু দুইটি অক্সিজেন বা তিনটি নাইট্রোজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া অণু গঠন করিতে পারে না। একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অন্য কোন মৌলিক পদার্থের বড় জোর একটি পরমাণুর সহিত মিলিয়া অণু গঠন করিতে পারে। সেই কারণেই, রাসায়নিকেরা বিভিন্ন মৌল পরমাণুর যোজ্যতা পরিমাপের একক হিসাবে, হাইড্রোজেনকে নির্বাচন করেন।

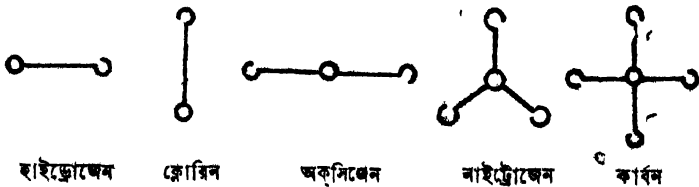
উপরের উদাহরণগুলি ভালভাবে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে, একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) অণু গঠনে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু সংযুক্ত হইয়াছে। সুতরাং হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যুক্ত হইবার ক্ষমতা সমান। অক্সিজেনের যুক্ত হইবার ক্ষমতা, ক্লোরিন অপেক্ষা দ্বিগুণ। কারণ, রাসায়নিক সংযুতির সাহায্যে একটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বিগুণ সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া একটি অণু জল (H_2O) গঠন করে। সেইরূপে নাইট্রোজেন ও কার্বন পরমাণুর যুক্ত হইবার ক্ষমতা ক্লোরিন অপেক্ষা যথাক্রমে তিন ও চারগুণ বেশী। সুতরাং **হাইড্রোজেনের যোজ্যতাকে (valency)—১ বলিয়া ধরিলে, ক্লোরিনের যোজ্যতা—১, অক্সিজেনের যোজ্যতা—২, নাইট্রোজেনের যোজ্যতা—৩ এবং কার্বনের যোজ্যতা—৪ হয়।**

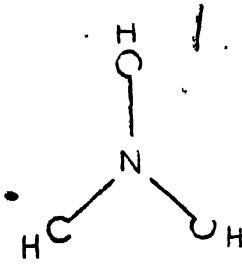
আবার হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা যেমন মৌল পরমাণু সমূহের ভিন্ন, সেইরূপ যৌগিক অণু হইতে হাইড্রোজেন পরমাণুকে অপসারিত করিবার ক্ষমতাও ইহাদের ভিন্ন। যেমন, সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম,

অ্যালুমিনিয়ামের এক একটি পরমাণু যথাক্রমে ১, ২ ও ৩টি হাইড্রোজেন পরমাণুকে উপযোগী যৌগিক অণু হইতে অপসারিত করিতে পারে। সুতরাং ইহাদের অপসারণ ক্ষমতা যথাক্রমে ১, ২ ও ৩। কতকগুলি মৌলের ক্ষেত্রে দেখা যায়, তাহারা হাইড্রোজেনের সহিত আদৌ যুক্ত হয় না বা উহাকে উহার যৌগ হইতে বিযুক্ত করিতে পারে না, কিন্তু অন্য মৌল, যেমন ক্লোরিন বা ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়। ইহাদের যোজ্যতা এমন মৌলের সহিত স্থির করিতে হয় যাহার সহিত ইহা সংযুক্ত হইতে পারে বা যাহাকে ইহা বিযুক্ত করিতে পারে এবং যাহার যোজ্যতা পূর্বেই জানা আছে। পূর্বেই প্রমাণিত হইয়াছে যে ক্লোরিনের যোজ্যতা—১। অতএব এই মৌলগুলির ক্ষেত্রে তাহাদের একটি পরমাণু, কতগুলি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতেছে তাহা নিরূপণ করিয়া পরোক্ষভাবে তাহাদের পরিমাপ করা হয়।

যেমন, সোনা (Au) হাইড্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হয় না, কিন্তু ক্লোরিনের সহিত সংযোগ ঘটে এবং সেই ক্ষেত্রে সোনার একটি পরমাণু ৩টি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া থাকে ($AuCl_3$)। যেহেতু ক্লোরিনের যোজ্যতা—১, অতএব সোনার যোজ্যতা এই পরিমাপে—৩ হইবে। সুতরাং কোন মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করিতে হইলে,

কোন মৌলের একটি পরমাণু যতগুলি হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন পরমাণুর সহিত সংযুক্ত বা ইহার একটি পরমাণু দ্বারা বিযুক্ত হইতে পারে সেই সংখ্যা দ্বারা সেই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা (valency) নির্ণয় করা হয়।

যোজ্যতাকে পরমাণুর গায়ে লাগানো আঁকশী (Hook) বা হাত রূপে কল্পনা করিলে বুঝিতে সুবিধা হয়। যেমন, হাইড্রোজেন পরমাণুর যোজ্যতা—১ সুতরাং হাইড্রোজেন পরমাণুর ১টি হাত বা আঁকশী আছে। সেইরূপ

ক্লোরিনের আছে ১টি হাত, অক্সিজেনের ২টি, নাইট্রোজেনের ৩টি, কার্বনের ৪টি হাত আছে।

অণু গঠনের জন্য একটি মৌলের পরমাণু তার সব কয়টি হাত দিয়া অন্য মৌলের পরমাণুর সব কয়টি হাত ধরে এবং হাত ধরাধরি পূর্ণ হইলে পরমাণু সম্মিলনে গঠিত হইবে একটি স্থায়ী অণুর কাঠাম। একটি অকৃসিজেন পরমাণুর দুইটি হাত এবং হাইড্রোজেন পরমাণুর একটি হাত। সুতরাং একটি অকৃসিজেন পরমাণু তাহার দুইটি হাত দিয়া দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে ধরিবে।

অ্যামোনিয়ার অণু

দুইটি পরমাণুর মধ্যে বন্ধনীসূচক রেখাগুলিকে **যোজক** (bond) বলে, এবং চিত্রে প্রদত্ত সংকেতকে **সংযুতি সংকেত** (structural formula) বলে। স্মরণ রাখিতে হইবে যে, রেখারূপে যোজ্যতার

H—O—H

জলের অণু

প্রকৃত কোন অস্তিত্ব নাই। রেখাদ্বারা আণবিক গঠন সম্বন্ধে স্থির সিদ্ধান্ত করা চলে না। রেখাগুলি কেবলমাত্র কার্যগত সুবিধার জন্য ব্যবহৃত হয়।

সব মৌলিক পদার্থেরই এক একটি নির্দিষ্ট যোজ্যতা আছে। **আর্গন, হিলিয়াম, নিয়ন জাতীয় ছয়টি মৌলিক পদার্থের কোন যোজন ক্ষমতা নাই।** সেইজন্য এই সমস্ত মৌলিক পদার্থ কোন যৌগিক অণু গঠন করিতে পারে না। এই সমস্ত মৌলগুলিকে **শূন্যযোজী** (zero-valent) বলে। মৌলিক পদার্থের সবচেয়ে কম যোজ্যতা **এক** এবং সবচেয়ে বেশী যোজ্যতা **আট**। হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, প্রভৃতি যাহাদের যোজ্যতা এক তাহাদের **এক-যোজী** (monovalent or monads) বলা হয়। অকৃসিজেন, ক্যালসিয়াম, প্রভৃতি মৌলিক পদার্থ যাহাদের যৌজ্যতা দুই তাহাদের **দ্বিযোজী** (divalent, bivalent or diads) বলা হয়। এইরূপে **ত্রিযোজী** (trivalent), **চতুর্যোজী** (tetravalent), **পঞ্চযোজী** (pentavalent), **ষড়্‌যোজী** (hexavalent), **সপ্তযোজী** (septavalent) ও **অষ্টযোজী** octavalent) **মৌল পাওয়া যায়।**

কোন কোন মৌলিক পদার্থের একাধিক যোজ্যতা আছে। যেমন, সালফার H_2S-এর ক্ষেত্রে দ্বিযোজী (কারণ, H_2S-এ সালফারের একটি পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়াছে), SO_2-এর ক্ষেত্রে চতুর্যোজী (কারণ, একটি অকৃসিজেন পরমাণুর দুইটি হাত, দুইটি অকৃসিজেন

পরমাণুর চারিটি হাত ; SO_2-এ সালফারের একটি পরমাণু দুইটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়াছে। সুতরাং সালফারের চারিটি হাত চারিটি অক্সিজেনের হাতকে ধরিবে অর্থাৎ সালফারের যোজ্যতা চার) এবং SO_3-এর ক্ষেত্রে ষড়যোজী (কারণ তিনটি অক্সিজেন পরমাণুর ছয়টি হাত অতএব সালফারেরও ছয়টি হাত)। ফসফরাস, PCl_5-এর ক্ষেত্রে পঞ্চযোজী, কিন্তু PCl_3-এর ক্ষেত্রে ত্রিযোজী। এই সকল কারণে, কোন মৌলের সঠিক যোজ্যতা বলা কঠিন। এইরূপ পরিবর্তনের ক্ষেত্রে, সাধারণ নিয়মে—'বৃহত্তর যতগুলি সংখ্যক একযোজী পরমাণু, মৌলটির একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে উহাকেই মৌলটির যোজ্যতা বলিয়া ধরা হয়। অতএব ফসফরাস পঞ্চযোজী, কারণ PCl_5 যৌগিকটিতে ফসফরাস বৃহত্তম সংখ্যক ক্লোরিন পরমাণুকে যুক্ত করিয়াছে।

আবার কতকগুলি ধাতুমৌল আছে যেমন তামা, লোহা পারদ প্রভৃতি যাহারা একই মৌলের সহিত দুইরকম যৌগিক অণু গঠন করে এবং উভয়ক্ষেত্রেই ইহাদের যোজ্যতার পার্থক্য থাকে। **কম যোজ্যতার অণুকে বলা হয় আস্ (-ous) যৌগ এবং বেশী যোজ্যতার অণুকে বলা হয় ইক্ (-ic) যৌগ**। যেমন, মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2) ও অক্সাইড (Hg_2O) এবং কিউপ্রাস ক্লোরাইড (Cu_2Cl_2) ও অক্সাইড (Cu_2O) ক্ষেত্রে পারদ ও তামা একযোজী (monads)। কিন্তু মারকিউরিক ক্লোরাইড ($HgCl_2$) ও অক্সাইড (HgO) এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইড ($CuCl_2$) ও অক্সাইড (CuO) ক্ষেত্রে পারদ ও তামা দ্বিযোজী। আস্ যৌগে লোহা দ্বিযোজী। যেমন ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) ও অক্সাইড (FeO) কিন্তু ইক্ যৌগে ত্রিযোজী। যেমন ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) ও অক্সাইড (Fe_2O_3)।

যৌগমূলক (Radical) ঃ—অনেক সময়ে দুইটি অধাতু মৌলের দুই বা অধিক সংখ্যক পরমাণু একত্রে সংযুক্ত অবস্থায় একটি পরমাণুর ন্যায় নানাবিধ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, যদিও ঐরূপ অবস্থায় তাহাদের কোন স্বাধীন সত্তা দেখা যায় না। মৌলিক পদার্থের সম্মিলনে গঠিত এরূপ পরমাণু জোটকে বলা হয় **যৌগমূলক** (radical)। এরূপ মূলকেরও মৌলিক পদার্থের ন্যায় যোজ্যতা আছে। যেমন এ্যামোনিয়াম (NH_4-), হাইড্রক্সিল ($-OH$), সালফেট ($-SO_4$), নাইট্রেট ($-NO_3$), প্রভৃতি মূলক।

যৌগমূলকগুলির যোজ্যতা জানিতে হইলে ইহারা যে সমস্ত পরমাণুর সহিত সংযুক্ত থাকিয়া যৌগিক অণু গঠন করে তাহাদের যোজ্যতা হইতে ইহাদের

যোজ্যতা জানা যায়। যেমন একটি এ্যামোনিয়াম (NH_4-) মূলক এক পরমাণু ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া এক অণু এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) প্রস্তুত করে। সুতরাং ইহার যোজ্যতা এক। একটি হাইড্রক্সিল্ ($-OH$) মূলক এক পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া এক অণু জল (H-OH) বা (H_2O) গঠন করে, সুতরাং ইহা একযোজী।

একটি সালফেট মূলক ($-SO_4$) দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া একটি সালফিউরিক এ্যাসিড অণু (H_2SO_4) গঠন করে। সুতরাং সালফেট মূলকের যোজ্যতা দুই। একটি ফসফেট মূলক ($-PO_4$) তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া একটি ফসফরিক এ্যাসিড অণু (H_3PO_4) গঠন করে। সুতরাং ফসফেট মূলকের যোজ্যতা তিন।

† এই মূলকগুলি কোন্ পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া যৌগিক অণু গঠন করিবে ঠিকমত জানা না থাকিলে ছাত্ররা আর একটি উপায়ে মূলকগুলির যোজ্যতা নির্ণয় করিতে পারে। উদাহরণ স্বরূপ ধরা যাক—

(১) $-SO_4$ (সালফেট) যৌগমূলকের যোজ্যতা নির্ণয় করিতে হইবে। সালফেট মূলকটি সালফারের একটি পরমাণু ও অক্সিজেনের চারিটি পরমাণু দ্বারা গঠিত। অক্সিজেনের একটি পরমাণুর দুইটি হাত, ৪টি পরমাণুর ৪ × ২ = ৮টি হাত। সালফারের একটি পরমাণুর ১ × ৬ = ৬টি হাত। সালফারের ৬টি হাত ও অক্সিজেনের ৬টি হাত ধরাধরি করিয়া লইলে দুইটি হাত উন্মুক্ত থাকে। এই উন্মুক্ত হাত দুইটি দিয়া একটি দ্বিযোজী মৌল অথবা দুইটি এক-যোজী মৌল ধরিতে পারে। সুতরাং $-SO_4$ মূলকের যোজ্যতা দুই।

(২) $-NO_3$ (নাইট্রেট) যৌগমূলকের যোজ্যতা নির্ণয় করিতে হইবে; নাইট্রেট মূলকটি একটি নাইট্রোজেন পরমাণু ও তিনটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর চরম যোজ্যতা (maximum valency) পাঁচ। সুতরাং একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ৫টি হাত এবং ৩টি অক্সিজেন পরমাণুর ৩ × ২ = ৬টি হাত। নাইট্রোজেনের ৫টি হাত ও অক্সিজেনের ৫টি হাত ধরাধরি করিয়া লইলে একটি হাত উন্মুক্ত থাকে। সুতরাং $-NO_3$ মূলকের যোজ্যতা এক।

(৩) $-PO_4$ (ফসফেট) যৌগমূলকের যোজ্যতা নির্ণয় করিতে হইবে। ফসফরাসের চরম যোজ্যতা (maximum valency) পাঁচ। সুতরাং একটি

† ইহা প্রকৃতপক্ষে কোন নিয়ম নয়, ছাত্রদের সুবিধার্থে একটি সহজ পদ্ধতি বর্ণনা করা হইল।

ফসফরাস পরমাণুর ৫টি হাত এবং চারিটি অকৃসিজেন পরমাণুর ৪ × ২ = ৮টি হাত। ফসফরাসের ৫টি হাত ও অক্সিজেনের ৫টি হাত ধরাধরি করিয়া লইলে ৩টি হাত উন্মুক্ত থাকে। সুতরাং $-PO_4$ মূলকটির যোজ্যতা তিন। এইরূপে সমস্ত যৌগমূলকেরই যোজ্যতা নির্ণয় করা যায়।

যোজ্যতা হইতে আণবিক সংকেত নির্ণয় :—কোন যৌগিক পদার্থের বিভিন্ন সংযোজক মৌল ও মূলকের যোজ্যতা জানা থাকিলে যৌগিক পদার্থটির আণবিক সংকেত জানা যায়। **প্রত্যেক যৌগিক পদার্থের অণুতে গঠনকারী প্রতি মৌলের মোট যোজ্যতা সমান হইবে, অর্থাৎ প্রতি অণুতে গঠনকারী যে-কোন মৌলের যোজ্যতা ও পরমাণু সংখ্যার গুণফল সমান।**

ধরা যাক, A ও B দুইটি মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া রাসায়নিক যৌগিক AB উৎপন্ন করে। যদি A-র পরমাণু সংখ্যা m ও যোজ্যতা x হয় এবং B-র পরমাণু সংখ্যা n ও যোজ্যতা y হয়, তাহা হইলে যৌগিকটির আণবিক সংকেত হইবে $A_m B_n$ এবং $m \times x = n \times y$

অর্থাৎ A-র যোজ্যতা × A-র পরমাণু সংখ্যা = B-র যোজ্যতা × B-র পরমাণু সংখ্যা। সুতরাং $m = \frac{n \times y}{x}$ এবং $n = \frac{m \times x}{y}$

এই নিয়ম হইতে ইহাই প্রতিপন্ন করা যায় যে **একটির পরমাণুর সংখ্যা অপরটির যোজ্যতার সমান।**

ধরা যাক, ফেরিক অক্সাইডের আণবিক সংকেত নির্ণয় করিতে হইবে। ফেরিক অক্সাইড অণুতে লৌহ পরমাণুর সংখ্যা অকৃসিজেনের যোজ্যতার সমান এবং অকৃসিজেনের পরমাণু সংখ্যা ফেরিক মৌলের যোজ্যতার সমান হইবে। যেহেতু ফেরিকরূপে লোহা ত্রিযোজী এবং অকৃসিজেন দ্বিযোজী, সুতরাং ফেরিক অক্সাইডের আণবিক সংকেত Fe_2O_3। এই নিয়মটি আরও সহজ উপায়ে বলা যায়, **যদি A ও B দুইটি মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া রাসায়নিক যৌগিক AB অণু গঠন করে তাহা হইলে AB-র আণবিক সংকেত লিখিতে হইলে A-র যোজ্যতা B-র ডানদিকে নীচে কোনাকুনিভাবে লিখিতে হয় এবং B-র যোজ্যতা A-র ডানদিকে নীচে কোনাকুনিভাবে লিখিতে হয়।**

যদি দুইটি ভিন্ন শ্রেণীর মৌল বা মূলকের যোজ্যতা সমান হয় তবে তাহাদের যৌগের অণুতে তাহাদের একটি করিয়া পরমাণু বা মূলক থাকিবে। যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$) ও এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH)।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What do you understand by the valency of elements ? How is it measured ?

[মৌলের যোজ্যতা বলিতে কি বুঝ ? কিভাবে যোজ্যতা নির্ণয় করা হয় ?]
Arrange the following elements according to their valency.

[নিম্নলিখিত মৌলগুলি যোজ্যতা অনুসারে সাজাও।]

Oxygen, Carbon, Nitrogen, Hydrogen, Sodium, Calcium, Copper, Silver, Phosphorous, Sulphur.

2. Give a short account of what you know about valency. What do you understand by zero-valent, monovalent, bivalent, trivalent and tetravalent ?

[যোজ্যতা সম্বন্ধে যাহা জান তাহার সংক্ষিপ্ত পরিচয় দাও। শূন্যযোজী, একযোজী, দ্বিযোজী, ত্রিযোজী ও চতুর্যোজী বলিতে কি বুঝ ?]

3. Write down the formulae and calculate the molecular weights of the following compounds.

[নিম্নলিখিত যৌগগুলির আণবিক সংকেত লিখ এবং ইহাদের আণবিক ভার বাহির কর।]—(i) sodium chloride, (ii) copper sulphate, (iii) calcium carbonate, (iv) sulphuric acid, (v) nitric acid, (vi) slaked lime, (vii) Ferrous sulphate, (viii) Ferric sulphate, (ix) mercurous chloride, (x) mercuric chloride.

4. What is a Radical ? How is the valency of a Radical determined ?

[যৌগমূলক কি ? যৌগমূলকের যোজ্যতা কিভাবে বাহির করা হয় ?]

নিম্নলিখিত সারণীতে কতকগুলি প্রয়োজনীয়

	Zero-valent শূন্য-যোজী	Mono-valent এক-যোজী	Di-valent দ্বি-যোজী	Tri-valent ত্রি-যোজী
অধাতু (Non-metal)	হিলিয়াম (He) নিয়ন (Ne) আর্গন (A) প্রভৃতি বাতাসের নিষ্ক্রিয় গ্যাস।	হাইড্রোজেন (H) ফ্লোরিন (F) ক্লোরিন (Cl) ব্রোমিন (Br) আয়োডিন (I) নাইট্রোজেন (N_2O)	অকসিজেন (O) সালফার (H_2S) নাইট্রোজেন (NO)	নাইট্রোজেন (N) ফসফরাস (P) বোরন (B)
ধাতু (Metal)		পটাশিয়াম (K) সোডিয়াম (Na) মার্কারি (আস্) Hg (ous) কপার (আস্) Cu (ous) সিল্‌ভার (Ag)	ক্যালসিয়াম (Ca) বেরিয়াম (Ba) স্ট্রনশিয়াম (Sr) ম্যাগনেসিয়াম (Mg) জিংক (Zn) কপার (ইক) Cu (ic) মার্কারি (ইক) Hg (ic) আয়রন (আস্) Fe (ous) টিন (আস্) Sn (ous) লেড (আস্) Pb (ous)	অ্যালুমিনিয়াম (Al) গোল্ড (ইক) Au (ic) বিসমাথ (Bi) আয়রন (ইক) Fe (ic) এ্যান্টিমনী (আস্) Sb (ous) আর্সেনিক (আস্) As (ous)
মূলক (Radical)		এ্যামোনিয়াম (NH_4-) হাইড্রক্সিল (−OH) নাইট্রেট ($-NO_3$) নাইট্রাইট ($-NO_2$) বাইকার্বনেট ($-HCO_3$) বাইসালফেট ($-HSO_4$) ক্লোরেট ($-ClO_3$) পারক্লোরেট ($-ClO_4$)	কার্বনেট ($-CO_3$) সালফেট ($-SO_4$) সালফাইট ($-SO_3$) সালফাইড (−S)	ফসফেট ($-PO_4$) আর্সেনাইট (AsO_3) আর্সেনেট (AsO_4) নাইট্রাইড (−N)

যৌগ ও মূলকের যোজ্যতা দেওয়া হইল

Tetra-valent চতুর্-যোজী	Penta-valent পঞ্চ-যোজী	Hexa-valent ষড়-যোজী	Septa-valent সপ্ত-যৌজা	Octa-valent অষ্ট-যোজী
কার্বন (C) সিলিকন (Si) সালফার (SO_2) নাইট্রোজেন(NO_2)	নাইট্রোজেন (N) ফসফরাস (P)	সালফার (S)	ক্লোরিন (Cl_2O_7) আয়োডিন (KIO_4) ম্যাঙ্গানীজ (Mn) (Mn_2O_7) ($KMnO_4$)	অসমিয়াম (OsO_4, OsF_8)
টিন (ইক) Sn (ic) প্লাটিনাম (Pt) লেড (ইক) Pb (ic)	আর্সেনিক (ইক) As (ic) এ্যান্টিমনী (ইক) Sb (ic)			

১১

রাসায়নিক সমীকরণ

(Chemical Equations)

প্রকৃতিতে এবং রসায়নাগারে যে প্রক্রিয়ায় পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে তাহাকে বলা হয় রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical reaction)। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে এক পদার্থ সম্পূর্ণরূপে অন্য পদার্থে পরিণত হয়। কিন্তু এই পরিবর্তনে পদার্থের পরমাণুর গঠন ও সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে সকল পদার্থ অংশ গ্রহণ করে এবং যে সকল নূতন পদার্থ সৃষ্টি হয়, প্রতীক ও সংকেতের সাহায্যে উহাদের প্রকাশ করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়াটির সম্পূর্ণ পরিচয় দেওয়া যায়।

প্রতীক ও সংকেতের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করার পদ্ধতিকে রাসায়নিক সমীকরণ (Chemical Equations) বলে।

একটি সমীকরণ গঠন করিবার প্রচলিত নিয়ম হইল—

(১) সমীকরণে, প্রত্যেকটি পদার্থের (মৌলিক ও যৌগিক) সংকেত লিখিতে হয় অণুরূপে—পরমাণুরূপে নয়। একাধিক অণু বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিলে অথবা একাধিক অণু গঠিত হইলে সেই রাশিটি সেই অণুর বামদিকে বসাইতে হয়।

(২) যে পদার্থটির রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে অর্থাৎ বিক্রিয়কটির (reactant) সংকেত সমীকরণের বামদিকে লিখিতে হয়। যদি একাধিক বিক্রিয়ক থাকে, তবে তাহাদের প্রত্যেকটিকে সংকেত দ্বারা প্রকাশ করিয়া তার মধ্যে 'যোগচিহ্ন' (+) দিয়া সমীকরণের বামদিকে লিখিতে হয়।

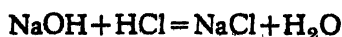
(৩) রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরে উৎপন্ন পদার্থগুলির (resultant) সংকেত সমীকরণের ডানদিকে লিখিতে হয়। ইহাদের মধ্যেও একাধিক পদার্থ থাকিলে উৎপন্ন পদার্থগুলির সংকেতের মধ্যে 'যোগচিহ্ন' (+) বসাইতে হয়।

(৪) বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারি পদার্থ এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলির মধ্যে 'বীজগণিতের সমীকরণ চিহ্ন' (=) লিখিতে হয়।

(৫) পরমাণু অবিভাজ্য বলিয়া সমান চিহ্নের বামদিকে যতগুলি পরমাণু থাকিবে উহার ডানদিকেও ঠিক ততগুলি পরমাণু থাকিবে। সেইজন্য বিক্রিয়ার

পূর্বে বিক্রিয়কগুলির মোট ওজন বিক্রিয়ার পরে উৎপন্ন পদার্থগুলির মোট ওজন সর্বদা সমান থাকিবে।

উদাহরণস্বরূপ কষ্টিক সোডা ও হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের মধ্যে ঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াকে, সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা হইল।

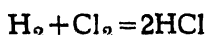
$$NaOH+HCl=NaCl+H_2O$$

বামদিকে যে + চিহ্নটি দেওয়া হইয়াছে, উহা প্রকাশ করিতেছে—কষ্টিক সোডা হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে (reacts with) এবং ডানদিকের + চিহ্নটি প্রকাশ করিতেছে—জল, সোডিয়াম ক্লোরাইড সহযোগে (in addition to) উৎপন্ন হইয়াছে। মাঝখানে = চিহ্নটি উৎপাদক এবং উৎপন্ন পদার্থগুলির সমতা বুঝাইতেছে।

• তাহা হইলে দেখা যাইতেছে, একটি সমীকরণ গঠন করিতে হইলে ছাত্রদের দুইটি বিষয়ে বিশেষ লক্ষ্য রাখিতে হইবে। প্রথমতঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী ও তদ্‌জাত পদার্থ সমূহ কি তাহা জানিতে হইবে, দ্বিতীয়তঃ সমীকরণের উভয়দিকের সামঞ্জস্য বিধান (balance) করিতে হইবে।

রাসায়নিক সমীকরণের সম্পূর্ণ অর্থ ঃ

(Full meaning of an equation)

একটি সমীকরণ হইতে কি কি বিষয়ে জ্ঞানলাভ করা যায়, তাহা নীচের উদাহরণ হইতে আরও সহজভাবে বুঝা যাইবে—

$$H_2+Cl_2=2HCl$$

ইহা হইতে বুঝা যায় :

(১) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ কোন্ পদার্থের সহিত কোন্ পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং বিক্রিয়ার ফলে কি কি নূতন পদার্থ গঠিত হয় তাহা জানা যায়।

(২) একটি হাইড্রোজেন অণু ও একটি ক্লোরিন অণু সংযুক্ত হইয়া দুইটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অণু উৎপন্ন করে। অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুর সংখ্যা জানা যায়।

(৩) বিক্রিয়ার পূর্বে মোট পরমাণুর সংখ্যা (অর্থাৎ $2+2=4$) এবং বিক্রিয়ার পরে মোট পরমাণু সংখ্যা অর্থাৎ ($2\times(1+1)=2\times2=4$) সর্বদা সমান হয়। অর্থাৎ উভয়দিকেই পরমাণুর সংখ্যা সমান থাকে।

(৪) ওজন অনুপাতে, দুইভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, $2\times35{\cdot}5$ বা 71 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া $2\times36{\cdot}5$ বা 73 ভাগ ওজনের

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করিয়াছে। অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য কত ওজনের কোন্ পদার্থ প্রয়োজন এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরে কত ওজনের কোন্ পদার্থ তৈরী হয় তাহাও জানা যায়।

(৫) রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে ও পরের পদার্থ যদি গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে তাহা হইলে সমীকরণ হইতে জানা যায়, আয়তন, হিসাবে এক ভাগ হাইড্রোজেন এক ভাগ ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া, আয়তন অনুপাতে দুই ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করিয়াছে।

রাসায়নিক সমীকরণের অর্থ প্রকাশের সীমাবদ্ধতা ঃ
(Limitations of a chemical equation)

সমীকরণ দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়ার অনেক মূল্যবান তথ্য জানা সম্ভব হইলেও নিম্নলিখিত কয়টি বিষয়ে জানা সম্ভব নয়। যথা—

১। কি অবস্থায় রাসায়নিক বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন হয়, অর্থাৎ বিক্রিয়া ঘটিবার সময় তাপ, চাপ, তড়িৎ-স্পর্শ, সংযোগ প্রভৃতির কোন্‌টি প্রয়োজন ছিল,

২। কতক্ষণ সময়ে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইতেছে,

৩। বিক্রিয়ার সময় তাপ শোষিত হয় কিংবা উদ্ভূত হয়,

৪। বিক্রিয়ার পরের পদার্থগুলি কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় কোন্ অবস্থায় থাকে ;

৫। বিক্রিয়ক পদার্থগুলির গাঢ়তা (concentration) কিরূপ,

৬। বিক্রিয়াটি উভমুখী (reversible) কিনা অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যদি একাধিক নূতন পদার্থ তৈয়ারী হয় তবে সেই পদার্থগুলির মধ্যে আবার রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কগুলি ফিরিয়া আসে কিনা।

সঠিক রাসায়নিক সমীকরণ লেখার কয়েকটি উদাহরণ—

১। ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনে দহনের ফলে, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। সমীকরণের প্রাথমিক অবস্থায় লেখা যাইতে পারে $Mg+O=MgO$ কিন্তু অক্সিজেনের স্বাধীন অস্তিত্বের ক্ষুদ্রতম অংশ—তাহার অণু অবস্থা ; অর্থাৎ O দুইটি অক্সিজেন পরমাণুর সমন্বয়। সুতরাং সমীকরণে O-এর পরিবর্তে O_2 লেখা অবশ্য প্রয়োজনীয়। এখন সমীকরণটিকে 2 দিয়া গুণ করিলে, সমীকরণটি সঠিক হইবে $2Mg+O_2=2MgO$

২। লোহিত তপ্ত (red hot) লোহার উপর জলীয় বাষ্প চালনা করিলে লোহার অক্সাইড (Fe_3O_4) ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। প্রাথমিক অবস্থায়

লেখা যাক $Fe+H_2O=Fe_3O_4+H_2$। এই সমীকরণটির সামঞ্জস্য (balance) হয় নাই। Fe_3 পাইতে হইলে 3Fe লওয়া প্রয়োজন, সেইরূপ O_4 পাইতে গেলে $4H_2O$ লওয়া প্রয়োজন। অতএব, ইহা সঠিক করিয়া লিখিতে হয়, $3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$

প্রশ্ন :—What information does the equation $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$ give us? What information about the reaction does it not give us?

[উপরোক্ত সমীকরণটি কি কি বিষয়ে অর্থ প্রকাশ করে? রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে সমীকরণটি কি কি বিষয়ে অর্থ প্রকাশ করিতে পারে না?

উত্তর :— $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$

এই সমীকরণটি নিম্নলিখিত বিষয়ে অর্থ প্রকাশ করে, যথা—

১। নির্দিষ্ট সর্তে, জিংক ও সালফিউরিক এ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় এবং এ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে জিংক প্রতিস্থাপিত করিয়া উহার স্থান দখল করে।

২। জিংকের একটি অণু সালফিউরিক এ্যাসিডের একটি অণুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া এক অণু জিংক সালফেট ও এক অণু হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

৩। বিক্রিয়ার পূর্বে, 1 পরমাণু জিংক, 2 পরমাণু হাইড্রোজেন, 1 পরমাণু সালফার, 4 পরমাণু অক্‌সিজেন ছিল। বিক্রিয়ার পরেও প্রতিটি মৌলিক পদার্থের ঠিক ততগুলি পরমাণুই বর্তমান।

৪। ওজন অনুপাতে, 65 ভাগ ওজনের জিংক 98 ভাগ ওজনের সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 161 ভাগ ওজনের জিংক সালফেট ও 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা যায় না, যথা—

১। কি বিশেষ অবস্থায় রাসায়নিক বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন হয়। অর্থাৎ বিক্রিয়ার জন্য তাপ, চাপ, বিদ্যুৎ কোন্‌টির প্রয়োজন।

২। কতক্ষণ সময়ে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইতেছে।

৩। বিক্রিয়ার সময় তাপ শোষিত হয় কিংবা উদ্ভূত হয়।

৪। বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় কোন্ অবস্থায় থাকে।

৫। বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির গাঢ়তা কিরূপ।

৬। বিক্রিয়াটি উভমুখী কিনা অর্থাৎ বিপরীতমুখী বিক্রিয়াটি (reversible reaction) সম্ভব কিনা তাহা প্রকাশ করে না।

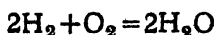
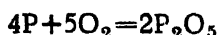
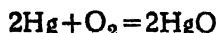
রাসায়নিক বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ :
(Classification of Chemical Reactions)

বিভিন্ন পদ্ধতিতে যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়া সংগঠিত হয় তাহাদের নিম্নলিখিত শ্রেণীবিভাগ করা হয়।

(১) **প্রত্যক্ষ সংযোগ বা সংশ্লেষণ পদ্ধতি (Direct Union or Synthesis) :**—এই পদ্ধতিতে বিক্রিয়ক মৌলিক, বা যৌগিক পদার্থের সহিত প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে, ফলে নূতন পদার্থ গঠিত হয়। যেমন, আয়তন অনুপাতে দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেনের মধ্যে বিদ্যুৎ স্পর্শ দিলে, হাইড্রোজেন ও অকসিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে ফলে জল উৎপন্ন হয়।

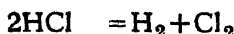
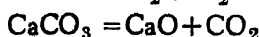
$$2H_2+O_2=2H_2O$$

সেইরূপ $$2Hg+O_2=2HgO$$

$$4P+5O_2=2P_2O_5$$

(২) **প্রত্যক্ষ বিয়োজন বা বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Direct Decomposition or Analysis) :**—এই পদ্ধতিতে বিক্রিয়ক যৌগিক পদার্থটি মৌলিক পদার্থে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। যেমন, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মধ্যে বিদ্যুৎ স্পর্শ দিলে উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনে পরিণত হয়।

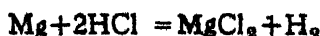
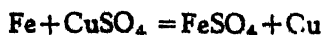
$$2HCl=H_2+Cl_2$$

সেইরূপ, $$CaCO_3=CaO+CO_2$$

$$4HNO_3=4NO_2+2H_2O+O_2$$

(৩) **প্রতিস্থাপন পদ্ধতি (Replacement or Substitution) :**— এই পদ্ধতিতে একটি মৌল একটি যৌগিক পদার্থ হইতে অন্য একটি মৌলকে অপসারিত করিয়া নিজে উহারস্থান দখল করে। যেমন, জিংক ও সালফিউরিক এ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জিংক এ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে অপসারিত করিয়া নিজে উহার স্থান দখল করে এবং জিংক সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$$

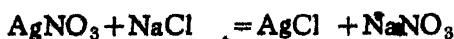
সেইরূপ, $$Fe+CuSO_4=FeSO_4+Cu$$

$$Mg+2HCl=MgCl_2+H_2$$

(৪) **পারস্পরিক বিয়োজন বা বিনিময় পদ্ধতি (Double Decomposition or Mutual Exchange or Metathesis) :**— এই পদ্ধতিতে দুইটি যৌগের উপাদানের স্থান বিনিময় হয়, ফলে নূতন পদার্থ

সৃষ্টি হয়। যেমন, সিলভার নাইট্রেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় সিলভার সোডিয়ামের স্থান দখল করে এবং সোডিয়াম সিলভারের স্থান দখল করে।

$$AgNO_3 + NaCl = AgCl + NaNO_3$$

সেইরূপ, $$BaCl_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4 + 2NaCl$$

$$2KI + HgCl_2 = 2KCl + HgI$$

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What does a Chemical equation indicate ? Illus trate with reference to the equation $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$. What does not this equation state about the chemical equation involved ?

[রাসায়নিক সমীকরণ কি কি নির্দেশ করে ? $N_2 + 3H_2 = 2NH$, এই সমীকরণ সাহায্যে উহা ব্যাখ্যা কর। এই সমীকরণ রাসায়নিক বিক্রিয়াটির কি কি বিষয় প্রকাশ করে না ?

2. What is meant by a Chemical Equation ? What are its limitations ?

[রাসায়নিক সমীকরণ বলিতে কি বোঝায় ? রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতা কি কি ?]

3. Write the full meaning of— $H_2 + Cl_2 = 2HCl$. [$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ সমীকরণটির সম্পূর্ণ অর্থ লিখ।]

4. Explain all that is implied by the chemical equation— $2H_2 + O_2 = 2H_2O$.

[$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ সমীকরণটির তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।]

5 Balance the following Equations.

[নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির সামঞ্জস্য বিধান কর।]

(i) $N_2 + O_2 = NO$, (ii) $Mg + O_2 = MgO$; (iii) $Fe + H_2O = Fe_3O_4 + H_2$; (iv) $P + O_2 = P_2O_5$, (v) $KClO_3 = KCl + O_2$; (vi) $N_2 + H_2 = NH_3$; (vii) $NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + HCl$; (viii) $Na + H_2O = NaOH + H_2$; (ix) $Mg + CO_2 = MgO + C$; (x) $K_2O + H_2O = KOH$.

6. Correct the following equations.

[নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি শুদ্ধ করিয়া লিখ।]

(i) $KClO_3 = KCl + O_3$; (ii) $Mg + Cl = MgCl$; (iii) $H_2 + O = H_2O$; (iv) $Zn + HSO_4 = Zn_2SO_4$; (v) $Cu + Cl_2 = CuCl$; (vi) $CaCO_3 + HCl = CaCl + H_2O + CO_2$; (vii) $Al + H_2O = Al(OH)_3 + H_2$; (viii) $P + Cl_2 = PCl_3$; (ix) $Hg + O_2 = HgO$; (x) $HNO_3 = NO_2 + O_2 + 2H_2O$.

7. Translate the following equations into symbols.

[নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি প্রতীকের সাহায্যে অনুবাদ কর।]

(i) Mercury + Oxygen = Mercuric Oxide ;

(ii) Limestone + Hydrochloric acid = Calcium Chloride + Water + Carbon dioxide ,

(iii) Hydrogen + Bromine = Hydrobromic acid ;

(iv) Silver nitrate + Sodium Chloride = Silver Chloride + Sodium nitrate ,

(v) Sulphur trioxide + Water = Sulphuric acid ;

(vi) Carbon dioxide + Water = Carbonic acid ;

(vii) Calcium + Water = Calcium hydroxide + Hydrogen ;

(viii) Phosphorus Pentoxide + Water = Phosphoric acid ;

(ix) Sodium Chloride + Sulphuric acid = Sodium bisulphate + Hydrochloric acid ;

(x) Barium Chloride + Sodium Sulphate = Barium Sulphate + Sodium Chloride.

8. Complete the following [illegible]s.

[নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি পূর্ণ কর।]

(i) $Zn + H_2SO_4 =$ ········ (ii) $C + O_2 =$ ······

(iii) $CaCO_3 = CaO +$ ······ (iv) $S + O_2 =$ ······

(v) $CuO + H_2 = Cu +$ ······ (vi) $NaOH + HCl =$ ······

(vii) $Ca + H_2O =$ ······ (viii) $AgNO_3 + NaCl =$ ······

(ix) $Ca(OH)_2 + HCl = CaCl_2 +$ ······

(x) $Pb(NO_3)_2 = PbO + NO_2 +$ ······

9. **Write down the equations for the following reactions.**

[নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সমীকরণের দ্বারা লিখ।]

(i) Carbon is burnt in Oxygen ,
(ii) Nitric acid is strongly heated ,
(iii) Potassium nitrate is heated ;
(iv) Steam is passed over white hot charcoal ,
(v) Zinc is treated with sulphuric acid ;
(vi) Phosphorus is burnt in air ;
(vii) Electric charge is given to a mixture of Nitrogen and Hydrogen ;
(viii) A knife blade is dipped into copper sulphate solution.
(ix) A piece of Sodium is dropped into water ;
(x) Hydrogen gas is passed over heated copper oxide ;
(xi) Hydrochloric acid is added to marble chips ,
(xii) Water is added to quicklime ;
(xiii) Burning Magnesium is introduced into a jar of Carbon dioxide ,
(xiv) Magnesium wire is burnt in Oxygen ;
(xv) Mercuric oxide is strongly heated.

১২

বায়ু

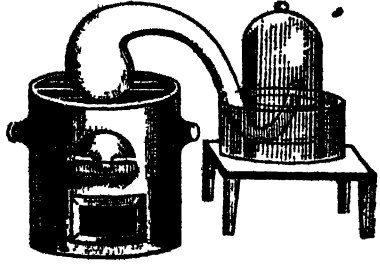
(Air)

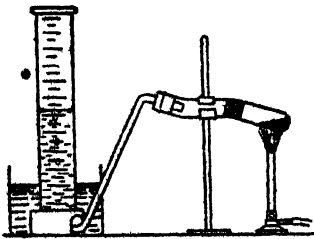
পৃথিবীর চারিদিকে যে গ্যাসীয় আবরণ আছে তাহাকে বায়ুমণ্ডল (Atmosphere) বলা হয়। ভূপৃষ্ঠের ঊর্ধ্বে এই বায়ুমণ্ডল প্রায় 200 মাইল বিস্তৃত। তাহার উপরে মহাশূন্য। পৃথিবীতে কোন স্থান বা কোন পাত্র শূন্য থাকে না। সর্বত্র বায়ু ছড়াইয়া আছে। এই বায়ুমণ্ডল নানা স্তরে বিভক্ত। উপরের বায়ুস্তর নীচের স্তরে ক্রমাগত চাপ দেয়, সেইজন্য ভূপৃষ্ঠের ঠিক উপরের স্তরই সবচেয়ে ঘন। যত উপরে যাওয়া যায় বায়ুস্তর তত পাতলা এবং চাপও কম। অন্যান্য পদার্থের ন্যায় বায়ুরও ওজন আছে। বস্তুতঃ বায়ুর ওজন প্রতি বর্গ ইঞ্চির উপর প্রায় 7 সের। যে কোনও গ্যাসের ন্যায় বায়ুর নিজস্ব কোন আকার বা আয়তন নাই। এই বায়ুর সাহায্যেই জীবজন্তু, উদ্ভিদ বাঁচিয়া আছে। বায়ুর জন্যই দহনক্রিয়া সম্ভব হয়।

প্রাচীন বিজ্ঞানীদের ধারনা ছিল যে, বায়ু একটি মৌলিক পদার্থ। কিন্তু সুইডিস বিজ্ঞানী শীলি, বৃটিশ বিজ্ঞানী প্রিষ্ট্‌লি এবং বিশেষ করিয়া ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার বিভিন্ন পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে বায়ু **মৌলিক পদার্থ নয়; ইহাতে অন্ততঃ দুইটি উপাদান আছে**—একটি দহনক্রিয়ায় এবং জীবের শ্বাসক্রিয়ায় সহায়তা করে, কিন্তু অন্যটি কোন দহনক্রিয়ায় সাহায্য করে না এবং জীবের শ্বাসক্রিয়াও সহায়তা করিতে পারে না। ১৭৭৫ খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার যে পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে অন্যান্য গ্যাসের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন তাহা দেওয়া হইল।

ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা (Chart of Lavoisier's Experiment) :—ল্যাভয়সিয়ার একটি বকযন্ত্রে 4 আউন্স পরিমাণ বিশুদ্ধ পারদ লইলেন। বকযন্ত্রের লম্বা বাঁকান গলাটি অপর একটি পারদ পূর্ণ পাত্রের মধ্য দিয়া একটু বাহির করিয়া রাখিলেন এবং পারদ পূর্ণ পাত্রের উপর একটি বেলজার চাপা দিলেন। বেলজারের বাহিরে ও ভিতরে পারদ একই সমতলে রহিল। এইরূপে বকযন্ত্র ও বেলজারের মধ্যে নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু আবদ্ধ রহিল এবং উহার আয়তন মাপা হইল 50 ঘন ইঞ্চি। বায়ুর আয়তন মাপিবার জন্য বেলজারের গায়ে দাগ কাটা ছিল। তিনি এইবার বকযন্ত্রটিকে একটি

জলন্ত চুল্লীর (Oven) উপর বসাইয়া সমানে বারদিন বাররাত্রি পারদের স্ফুটনাংকের (স্ফুটনাংক 357°C) কাছাকাছি পারদকে উত্তপ্ত করিলেন। প্রথম দিনে তিনি দেখিলেন, পারদ কণা বাষ্পাকারে উঠিয়া বকযন্ত্রের শীতল অংশের সংস্পর্শে আসিয়া ঘনীভূত হইয়া আবার ফুটন্ত পারদে মিশিয়া গেল। দ্বিতীয় দিনে ফুটন্ত পারদের উপর ছোট ছোট লালকণা (scale) ভাসিতে লাগিল এবং উহার সংখ্যা দিন দিন বৃদ্ধি পাইতে লাগিল। বারদিন পর আর কোন পরিবর্তন লক্ষিত না হওয়ায় চুল্লীটি নিভাইয়া দেওয়া হইল। দেখা গেল বেলজারের মধ্যে কিছু পরিমাণ পারদ উপরে উঠিয়াছে এবং অবশিষ্ট

ল্যাভসিয়াবের ১ম পরীক্ষা

বায়ুর আয়তন 42 ঘন ইঞ্চি। ইহাতে বুঝা গেল 8 ঘন ইঞ্চি বায়ু পারদের লাল কণা গঠিত হইতে খরচ হইয়াছে। ল্যাভয়সিয়ার অবশিষ্ট বায়ুর মধ্যে একটি জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইয়া দেখিলেন নিভিয়া গেল। ইহাতে একটি জীবন্ত ইঁদুর রাখিয়া দেখিলেন দম বন্ধ হইয়া মরিয়া গেল।

প্রথম পরীক্ষার পর ল্যাভসিয়ার দ্বিতীয় পর্য্যায়ের পরীক্ষা আরম্ভ করিলেন। তিনি লাল কণাগুলি সংগ্রহ করেন, উহার ওজন হইল 45 গ্রেন। ঐগুলি একটি কাচের বাল্‌বে ভরিয়া উহার সহিত একটি নির্গম-নল যুক্ত করেন। নির্গমনলের মুখটি একটি পারদপূর্ণ পাত্রে রাখিয়া একটি পারদপূর্ণ গ্যাস জার উহার উপর বসাইয়া দেন। এইবার বালব্‌টিকে ধীরে ধীরে 400°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলেন। লাল পদার্থ হইতে একটি বর্ণহীন গ্যাস পারদ অপসারণ করিয়া গ্যাসজারে সঞ্চিত হইতে লাগিল। লাল কণা রূপান্তরিত হইয়া পুনরায় সাদা পারদে পরিণত হইল এবং উহার পরিমাণ দেখা গেল 41·5 গ্রেন। আরও দেখা গেল বেলজার হইতে যে আয়তন গ্যাস অন্তর্হিত হইয়াছিল, উৎপন্ন গ্যাসের

ল্যাভসিয়ারের ২য় পরীক্ষা

আয়তন ঠিক তাহার সমান অর্থাৎ 8 ঘন ইঞ্চি। এই গ্যাসে মোমবাতি সাধারণ বায়ু অপেক্ষা বেশী জোরে জলে এবং ইহাতে ইঁদুর রাখিলে মরিল না।

এই দুই পরীক্ষা হইতে ল্যাভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করিলেন—

১। বায়ু দুই প্রকার গ্যাসের মিশ্রণ।

২। এক প্রকার গ্যাস আয়তনে বায়ুর প্রায় $\frac{1}{5}$ অংশ, অপর গ্যাসটি বায়ুর প্রায় $\frac{4}{5}$ অংশ।

৩। কম আয়তনের গ্যাসটি দহনকার্য্যে ও শ্বাসকার্য্যে সহায়তা করে এবং বেশী আয়তনের গ্যাসটি দহনকার্য্যে বা শ্বাসকার্য্যে সহায়তা করে না।

৪। তাপের প্রভাবে কম আয়তনের গ্যাসটির সহিত পারদের রাসায়নিক সংযোগ হয়, সুতরাং ইহা সক্রিয়। কিন্তু বেশী আয়তনের গ্যাসটি রাসায়নিক ক্রিয়ায় কোন অংশ গ্রহণ করে না, সুতরাং ইহা নিষ্ক্রিয়।

ল্যাভয়সিয়ার এই সক্রিয় গ্যাস ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস দুইটি মিশাইয়া দেখেন তাপের কোন তারতম্য হইল না এবং মিশ্রনটি সাধারণ বায়ুর ন্যায় ব্যবহার করে। তিনি এই সক্রিয় গ্যাসটির নাম প্রথমে **প্রাণ বায়ু** (vital air) দেন। কার্বন, সালফার, ফসফরাস, ইত্যাদি অধাতুকে এই প্রাণবায়ুতে দহন করিলে যে ভস্ম (calx) উৎপন্ন হয় তাহা জলের সহিত 'অম্ল' (acid) উৎপন্ন করে। তখন ল্যাভঁয়সিয়ার ইহার নাম দেন **অক্সিজেন** (oxygen)। কারণ গ্রীকভাষায় অক্সিজেনের অর্থ এ্যাসিড উৎপাদক (acid Producer)। অবশ্য পারদ, ম্যাগনেসিয়াম, টিন প্রভৃতি ধাতু অক্সিজেনে দহন করিলে এ্যাসিডের বিপরীত ক্ষারকীয় ভস্ম উৎপন্ন করে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসটির মধ্যে জীবের শ্বাসকার্য্য চলিতে পারে না বলিয়া ইহার নাম দেন **এ্যাজোট** (Azote , Greek a = no, zoe = life) অর্থাৎ নিষ্প্রাণ বায়ু। পরে ইহা **নাইট্রোজেন** (Nitrogen) নামে পরিচিত হয়।

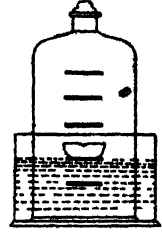
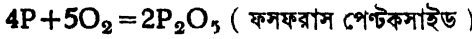
বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তনিক পরিমাণ :

(Proportion by volume of Oxygen and Nitrogen in air)

পরীক্ষা :—একটি ছোট মুছি (crucible) বা একটি ছোট চীনামাটির বেসিন (basin) একটি বড খোলা জলপাত্রে ভাসান হইল। বেলজারের ছিপি খোলা অবস্থায় ভাসমান মুছিটিকে ঢাকা দেওয়া হইল। দেখা গেল বেলজারের ভিতরে জলের উপরিভাগ (level) এবং বাহিরে পাত্রে জলের উপরিভাগ এক অনুভূমিতে আছে। জলের লেভ্‌লের ঠিক উপর হইতে বেলজারের মাথা অবধি সমান পাঁচ ভাগে ভাগ করিয়া খড়ি দ্বারা বেলজারের গায়ে দাগ কাটা হইল। এখন মুছির ভিতরে সাবধানে এক টুকরা সাদা ফসফরাস রাখা হইল। বায়ুর সংস্পর্শে আসিলে সাদা ফসফরাস জলিয়া উঠে। সেইজন্য

সাবধানে ফসফরাস টুকরাটি চিমটা করিয়া ধরিয়া মুছিতে (crucible) রাখা হইল। এখন একটি তপ্ত কাচ দণ্ড ফসফরাসে স্পর্শ করাইয়া তাড়াতাড়ি বেলজারের মুখে ছিপি আঁটিয়া দেওয়া হইল। ফসফরাস জলিয়া উঠিল এবং সাদা ধোঁয়ায় বেলজার ভরিয়া গেল। খানিক পরে ফসফরাস নিভিয়া গেল। বেলজার শীতল হইলে দেখা গেল সাদা ধোঁয়া জলে দ্রবীভূত হইয়াছে এবং বেলজারের ভিতরে জলের লেভল ধীরে ধীরে উপরে উঠিয়া প্রথম দাগ পর্য্যন্ত পৌছাইয়াছে। পরীক্ষার পুর্বে বেলজারের ভিতরে জলের লেভলের উপব বায়ু ছিল। কিন্তু ফসফবাস দহনের ফলে বায়ুস্থ অকসিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া সাদা ধোঁয়াষ বা ফসফরাস পেণ্ট-অকসাইডে পরিণত হইয়াছিল। এই সাদা ধোঁয়া জলে দ্রবীভূত হওয়ায় বায়ুর আয়তন কমিয়া যাওয়ায় জলের লেভল সেইস্থান পুর্ণ করিয়াছে।

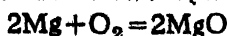
বেলজারে ফসফরাসের দহন

$$4P+5O_2=2P_2O_5$$ (ফসফরাস পেণ্টকসাইড)

যেহেতু জল একদাগ উঠিয়াছে অতএব বায়ুর **পাঁচ ভাগের একভাগ অকৃসিজেন।** বেলজারে যে গ্যাস পডিয়া রহিল তাহার আয়তন বায়ুর $\frac{4}{5}$ অংশ। ফসফরাসের যে অংশটুকু মুছিতে পডিয়া রহিল এই গ্যাস উহার দহনে সাহায্য করে না। বেলজারের ছিপি খুলিয়া যত শীঘ্র সম্ভব একটি জলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে শলাকা নিভিয়া যাইবে। স্থতরাং ইহা হইতে এই প্রমাণ হয় যে, **বায়ুতে দুই প্রকারের গ্যাস আছে। একটি ফসফরাসের সহিত যুক্ত হইয়া জলে দ্রব হইয়াছে এবং উহার আয়তন বায়ুর $\frac{1}{5}$ অংশ; উহা অকৃসিজেন। বাকি যে গ্যাস পড়িয়া রহিল তাহার আয়তন $\frac{4}{5}$ অংশ। এই গ্যাসে বাতি জলে না ও শ্বাসকার্য্যও চলে না। স্থতরাং এই গ্যাসটি নাইট্রোজেন।**

ফসফরাসের বদলে লোহা, টিন বা ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা পোডাইয়াও এই পরীক্ষাটি করা যায়। এখন কোন ধাতুকে বায়ুতে উচ্চতাপে দহন করিলে ধাতু ভস্মে পরিণত হয়। এই ধাতুভস্মকে ধাতুর অক্সাইড বলা হয়। ল্যাভয়সিয়ারের পুর্বে বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল, ধাতুভস্মের ওজন ধাতু অপেক্ষা কম। কিন্তু ল্যাভয়সিয়ার পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে **ধাতু হইতে ধাতু-ভস্মের ওজন বেশী।**

পরীক্ষা :—একটি মুছি (crucible) ভালভাবে শুকাইয়া ঢাকনিসহ ওজন করা হইল। মুছির ভিতর খানিকটা ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা (ribbon)

লইয়া পুনরায় ওজন লওয়া হইল। এখন ম্যাগনেসিয়ামের ফিতাসহ মুছিটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হইল এবং মুছির ঢাকনাটি একটু খোলা রাখা হইল যাহাতে মুছির মধ্যে বায়ু প্রবেশ করিতে পারে। তাপের প্রভাবে ম্যাগনেসিয়ামের ফিতাটি ভস্মে অর্থাৎ ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হইল।

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

মুছিটি ঠাণ্ডা হইলে পুনরায় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডসহ ওজন লওয়া হইল। দেখা যাইবে ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে।

শুষ্ক মুছি + ঢাকনির ওজন = w_1 গ্রাম

" + " + ম্যাগনেসিয়াম ফিতার ওজন = w_2 গ্রাম

ঠাণ্ডা হইলে মুছি + ঢাকনি + ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন = w_3 গ্রাম।

তাহা হইলে ম্যাগনেসিয়াম ফিতার ওজন = $(w_2 - w_1)$ গ্রাম।

" অক্সাইডের " = $(w_3 - w_1)$ গ্রাম।

সুতরাং ম্যাগনেসিয়ামের ওজন বৃদ্ধি = $(w_3 - w_1) - (w_2 - w_1)$

= $(w_3 - w_2)$ গ্রাম।

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে 6 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ভস্মীভূত করিলে 10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যাইবে।

এইরূপে ম্যাগনেসিয়ামের পরিবর্তে পারদ, টিন প্রভৃতি বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ইহাদের অক্সাইডগুলির ওজন ধাতু অপেক্ষা বেশী হইবে।

বায়ুর অন্যান্য উপাদান :
(Other constituents in the atmosphere)

বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ। আয়তন হিসাবে বায়ুর প্রধান উপাদান প্রায় চারভাগ নাইট্রোজেন ও একভাগ অক্সিজেন। ইহা ছাড়া বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প এবং কতকগুলি নিষ্ক্রিয় গ্যাস আছে। বিশেষ পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে আয়তন হিসাবে বায়ু নিম্নলিখিত উপাদান দ্বারা গঠিত :

উপাদান	শতকরা
অক্সিজেন	20.60 ভাগ
নাইট্রোজেন	77.16 "
জলীয় বাষ্প	1.40 "
কার্বন ডাই-অক্সাইড	.04 "
আর্গন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাস	.80 "
	100.00 ভাগ

এই উপাদানগুলির অনুপাত সবদেশে এবং সব সময়ে এক থাকে না। স্থান-কালভেদে ইহার অনেক পরিবর্তন হয়। বর্ষাকালে বায়ুতে জলীয়

বাষ্প অধিক থাকে, শীতকালে থাকে কম। মরুভূমির বায়ুতে জলীয় বাষ্প কম থাকে, নিরক্ষরীয় অঞ্চলে অধিক বৃষ্টিপাতের জন্য জলীয় বাষ্প বেশী থাকে। শিল্প প্রধান সহরের বায়ুতে ধূলিকণা, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি অধিক থাকে। কিন্তু সমুদ্রের ধারে বায়ু নির্মল থাকে।

বায়ুর উপাদানগুলি নির্ণয়ের পরীক্ষা :

(Experiments for detecting the constituents of air)

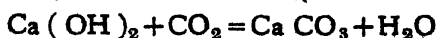
অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব :—অক্সিজেন খুব ক্রিয়াশীল পদার্থ এবং নাইট্রোজেন প্রায় নিষ্ক্রিয়। অক্সিজেন পারদ, টিন, ফসফরাস, কার্বন প্রভৃতির সহিত সহজেই যুক্ত হইয়া অক্সাইড গঠন করে কিন্তু নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না।

একটি চিত্‌না (Flat) বাটির উপর একটি ছোট জলন্ত মোমবাতি বসান হইল। বাটিতে জল ঢালিয়া মোমবাতির গোড়াটি প্রায় জলে ডুবান হইল। এখন একটি কাচের গ্লাস উপুড় করিয়া বসাইয়া মোমবাতিটি ঢাকিয়া দেওয়া হইল। দেখা যাইবে অল্প কিছুক্ষণ পরে মোমবাতিটি নিভিয়া যাইবে। কাচের চাকতি দিয়া কাচের গ্লাসের মুখটি বন্ধ করিয়া বাকি গ্যাস সংগ্রহ করা হইল। একটি জলন্ত পাটকাঠি কাচের ঢাকনি সরাইয়া গ্লাসের মুখে ধরিলে নিভিয়া যাইবে। প্রথম অবস্থায় বায়ুতে বাতিটি বেশ জলিতেছিল। সুতরাং বায়ুতে অক্সিজেন আছে ; কারণ অক্সিজেন আগুন জালাইতে সাহায্য করে। সেইজন্য গ্লাসের বায়ুতে যতক্ষণ অক্সিজেন ছিল বাতিটি জলিয়াছিল, অক্সিজেন ফুরাইয়া যাইলে বাতি নিভিয়া গেল। গ্লাসের বাকি বায়ুতে মোমবাতি জলিতে পারিল না এবং যাহার মধ্যে জলন্ত পাটকাটি নিভিয়া গেল তাহাই নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

জলীয় বাষ্পের অস্তিত্ব :—একটি কাচের গ্লাসের বাহিরের চারিদিক ভাল করিয়া মুছিয়া ইহার ভিতরে কয়েক টুকরা বরফ রাখা হইল এবং বরফের উপর কিছুটা লবণ ছড়াইয়া দেওয়া হইল। গ্লাসের মুখটি ঢাকনি দিয়া ঢাকা দেওয়া হইল। কিছুক্ষণ পরে গ্লাসের বাহিরের গায়ে বিন্দু বিন্দু জলকণা দেখা যাইবে। কারণ বায়ুর জলীয় বাষ্প শীতল গ্লাসের সংস্পর্শে ঘনীভূত হইয়া গায়ে জলবিন্দু হইয়া জমা হইবে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে বায়ুতে জলীয় বাষ্প আছে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব :—একটি পরীক্ষা-নলে পরিষ্কার ও স্বচ্ছ চুণ জল লওয়া হইল। দুইটি ছিদ্রযুক্ত একটি ছিপি (cork) দ্বারা পরীক্ষা-নলের মুখটি বন্ধ করা হইল। ছিদ্রের মধ্য দিয়া একটি বড় ও একটি ছোট বাঁকানো

কাচনল পরান হইল। এখন বড নলের মধ্য দিয়া বায়ু চালনা করিলে দেখা যাইবে চুণের জল ঘোলাটে হইয়াছে। কারণ বায়ুতে আছে কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) এবং চুণের জলে আছে ক্যালসিয়ামের ক্ষার [$Ca(OH)_2$]। এই দুইয়ের মিলনে রাসায়নিক ক্রিয়ায় গঠিত হয় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) বা চুণাপাথর। ইহার ফলে চুণের জলকে ঘোলাটে দেখায়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

ইহাই কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিশেষ ধর্ম। সুতরাং ইহাতে প্রমাণিত হয় যে বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস আছে।

একটি বীকারে চুণের জল লইয়া ইহার মধ্যে সরু নলের এক মুখ জলের মধ্যে ডুবাইয়া ফুঁদিলে চুণের জল ঘোলাটে হয় ইহাতে প্রমাণিত হয় যে শ্বাসকার্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

বায়ুর বিভিন্ন উপাদানের উপকারিতা :

(Utilities of different constituents of air)

অক্সিজেন প্রাণী ও উদ্ভিদের জীবন ধারণের পক্ষে একান্ত প্রয়োজন। শ্বাস গ্রহণের সময় প্রাণী নাক মুখ দিয়া, উদ্ভিদ পাতার ছিদ্র দিয়া বায়ু গ্রহণ করে। বায়ুর অক্সিজেন দেহাভ্যন্তরস্থ খাদ্যদ্রব্যের উপাদানের সহিত ক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই-অকসাইড, জল ও তাপ উৎপন্ন করে। এই তাপ দেহের উষ্ণতা রক্ষা করে এবং কার্য্যে শক্তি জোগায়। অক্সিজেন সকল প্রকার দহনের সহায়ক। অক্সিজেন না থাকিলে পৃথিবীতে আগুন জ্বালানো সম্ভব হইত না।

বায়ুর অক্সিজেনের সহিত অধিক পরিমাণে **নাইট্রোজেন** থাকায় দহন ও শ্বাসকার্য সুষ্ঠু ও নিয়মিতভাবে সম্পন্ন হয়। বায়ুতে নাইট্রোজেন না থাকিলে সব সময়েই বায়ুতে অত্যন্ত তাড়াতাড়ি শ্বাস লইতে হইত এবং দ্রুত দহন হইয়া সব নষ্ট হইয়া যাইত। বায়ুর নাইট্রোজেন হইতে পরোক্ষভাবে নাইট্রোজেন ঘটিত খাদ্য প্রস্তুত হয়।

বায়ুতে **জলীয় বাষ্প** থাকায় নদী, খাল, বিল, পুকুর প্রভৃতি সূর্যতাপে দ্রুত শুকাইয়া যায় না। জলীয় বাষ্পই বৃষ্টি, তুষার, হিম, শিশির ইত্যাদির কারণ। শস্য-সম্পদের প্রাণও তাই মূলতঃ বায়ুর জলীয় বাষ্প।

প্রাণী ও উদ্ভিদ নিশ্বাসের সময় **কার্বনডাই-অক্সাইড** ত্যাগ করে কার্বন ডাই-অক্সাইড উদ্ভিদের খাদ্যের প্রধান উপাদান। উদ্ভিদ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস হইতে কার্বন খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে।

বায়ু মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ নয় :

(Air is a mechanical mixture and not a chemical compound)

বিজ্ঞানী শীলি, প্রিষ্টলী ও ল্যাভয়সিয়ার নানাভাবে পরীক্ষা করিয়া দেখেন যে, বায়ুর মধ্যে একাধিক উপাদান আছে। এই উপাদানগুলি সাধারণ বায়ুতে মিশ্রিত অবস্থায় আছে। ইহার প্রমাণ হিসাবে নিম্নে কতকগুলি পরীক্ষা ও যুক্তি বর্ণনা করা হইল।

(ক) একটি বেসিন জলপাত্রে ভাসাইয়া উহার উপর বেলজার চাপা দেওয়া হইল। জলের লেভ্‌ল হইতে বেলজারের মাথা অবধি সমান পাঁচ ভাগ করিয়া বেলজারের গায়ে পাঁচটি দাগ কাটা হইল। এখন বেসিনে এক টুকরা সাদা ফসফরাস রাখিয়া উহাতে আগুন ধরাইয়া বেলজারের মুখটি বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। ফসফরাস কিছুক্ষণ জ্বলিয়া নিভিয়া গেল এবং জারের ভিতর সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হইল। এই ধোঁয়া পরীক্ষা করিয়া দেখা যাইবে ইহা ফসফরাসের অক্‌সাইড। কিছুক্ষণ পরে এই ধোঁয়া জলে দ্রবীভূত হইবে এবং জলের লেভ্‌ল প্রথম দাগ পর্যন্ত উঠিবে। সুতরাং বায়ুর একটি উপাদান অক্‌সিজেন, উহা ফসফরাসের অক্‌সাইড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়াছে এবং অক্‌সিজেনের পরিমাণ বায়ুর পাঁচভাগের এক ভাগ। অবশিষ্ট যে $\frac{4}{5}$ অংশ বায়ু রহিল উহা দহনে এবং শ্বাসকার্যে সহায়ক নয়। পরীক্ষা করিয়া জানা যাইবে যে অবশিষ্ট গ্যাসটি নাইট্রোজেন। এইরূপে ফসফরাসের পরিবর্তে সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন প্রভৃতি দ্বারা পরীক্ষা করিয়া দেখা যাইবে যে বায়ুর প্রধান দুইটি উপাদান— অক্‌সিজেন ও নাইট্রোজেন। সুতরাং বায়ু মৌলিক পদার্থ নয়।

(খ) চুণজলের সহিত কার্বন ডাই-অক্‌সাইডের বিক্রিয়া হয়, ফলে চুণজল ঘোলা হইয়া যায়। একটি পাত্রে কিছু পরিমাণ স্বচ্ছ চুণজল বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিয়া দিলে উহা ঘোলা হইয়া যাইবে। সুতরাং বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্‌সাইড মুক্ত অবস্থায় আছে।

(গ) শীতল পাত্রের সংস্পর্শে বায়ু আসিলে, পাত্রের গায়ে সূক্ষ্ম জলকণা দেখা যায়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে বায়ুতে মুক্ত অবস্থায় জলীয় বাষ্প আছে।

(১) উপরিবর্ণিত পরীক্ষাগুলি হইতে দেখা যাইতেছে যে, বায়ুতে অক্‌সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্‌সাইড, জলীয় বাষ্প প্রভৃতি উপাদান আছে। এই উপাদানগুলি যদি রাসায়নিক সংযোগে যৌগিক পদার্থরূপে থাকিত, তাহা হইলে উপাদানগুলির অনুপাত পৃথিবীর সর্বত্র একই থাকিত। কিন্তু পৃথিবীর ভিন্ন ভিন্ন স্থানের বায়ু পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে

উপাদানগুলির অনুপাত সর্বত্র সমান নয়। যেমন, সমুদ্রের তীরবর্তী স্থানের বায়ুতে অক্সিজেনের এবং জলীয় বাষ্পের অনুপাত সামান্য বেশী এবং পাহাড়ের উপর উহাদের অনুপাত সামান্য কম। শিল্পপ্রধান স্থানের এবং শহরাঞ্চলের বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ সামান্য বেশী।

(২) যৌগিক পদার্থ গঠনের সময় তাপের পরিবর্তন অবশ্যই হয়। কিন্তু 4 ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেন ও 1 ভাগ আয়তনের অক্সিজেন মিশাইলে তাপ উদ্ভূত বা শোষিত কিছুই হয় না অর্থাৎ তাপের কোনরূপ পরিবর্তন ঘটে না। অথচ এই মিশ্রণের স্বভাব ও ধর্ম সাধারণ বায়ুর মত পরিলক্ষিত হয়।

(৩) বায়ুর মধ্যে উপাদানগুলির স্ব স্ব ধর্ম বজায় থাকে। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে উপাদানগুলির ধর্ম লুপ্ত হইয়া একটি নূতন ধর্মের পদার্থ সৃষ্টি হইত।

(৪) বায়ুর উপাদানগুলিকে সহজে পৃথক করা যায়। যেমন,একটি লোহার নলের (Porous) ভিতর দিয়া প্রবল চাপে বায়ু প্রবাহিত করিলে নাইট্রোজেন, অক্সিজেন অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া উহা দ্রুত ছিদ্র দিয়া বাহির হইবে। কিন্তু বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে ইহা সম্ভব হইত না।

(৫) বায়ুকে উচ্চ চাপে এবং শৈত্যের প্রভাবে তরল করা যায়। এই তরল বায়ু পুনরায় বাষ্পীভূত হইবার সময় নাইট্রোজেন বেশী উদ্বায়ী বলিয়া অক্সিজেনের পূর্বে বাষ্পীভূত হইবে। কিন্তু বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন একই সঙ্গে এবং সমঘনভাবে বাষ্পে পরিণত হইত।

(৬) বায়ু সামান্য পরিমাণে জলে দ্রবীভূত হয়। এখন জল উত্তপ্ত করিলে যে বায়ু মুক্ত হয় তাহাতে নাইট্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেনের পরিমাণ বেশী থাকে। তাহার কারণ, জলে নাইট্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেন অধিক দ্রাব্য। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে জলীয় দ্রবণ হইতে নির্গত বায়ুতেও অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অনুপাত 1 : 4 হইত।

(৭) হাইড্রোজেনের গুরুত্বকে একক ধরিলে সমআয়তন হাইড্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেন 16 গুণ ভারী এবং নাইট্রোজেন 14 গুণ ভারী। বায়ুতে আছে 1 ভাগ আয়তনের অক্সিজেন ও 4 ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেন। সুতরাং বায়ু মিশ্র পদার্থ হইলে ইহার ঘনত্ব হইবে $\frac{1\times16+4\times14}{1+4}=\frac{16+56}{5}=14{\cdot}4$, বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে ইহার ঘনত্ব হইত 137, বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় বায়ুর ঘনত্ব 14 44। উপরোক্ত প্রমাণ ও যুক্তিগুলি হইতে ইহাই প্রতিপন্ন হয় যে, বায়ু একটি সাধারণ মিশ্রণ, যৌগিক পদার্থ নহে।

* **আর্গন গোষ্ঠী** (**Argon Family**):—আর্গন, হিলিয়াম্, নিয়ন্, ক্রুপটন্ ও জেনন্—ইহারা বায়ুর **বিরল গ্যাস** (rare gases of the atmosphere)। ইহাদের আর্গন গোষ্ঠী বলা হয়। ইহারা সকলেই মৌলিক পদার্থ (elements)। ইহারা শূন্যযোজী (zero-valent) এবং অত্যন্ত নিষ্ক্রিয় (inert)। ইহাদের সহিত কোন পদার্থের রাসায়নিক সংযোগ হয় না। সেইজন্য ইহাদের নোব্‌ল গ্যাস (noble gas) বলে। শিল্পে আজকাল হিলিয়াম, নিয়ন ও আর্গন এই তিনটির ব্যবহার বেশী হইতেছে। বেলুনে হিলিয়াম ব্যবহার করা হয়, কারণ হিলিয়ামে আগুন লাগিবার ভয় নাই। আজকাল বিজলী বাতির (electric bulb) ভিতর আর্গন গ্যাস ভরা থাকে, পূর্বে শূন্যস্থান (vacuum) বা নাইট্রোজেন থাকিত। আর্গন ব্যবহারে বাল্‌বের স্থায়িত্ব অনেক বাড়িয়াছে। বাল্‌বে নিয়ন্ গ্যাস (Neon tube) ভরা থাকিলে লাল আলো হয়। নিয়নের সহিত সামান্য পারদের বাষ্প (mercury vapour) মিশ্রিত থাকিলে আলো নীল হয় এবং কাচের রং যদি রজনের রং (amber colour) হয় তাহা হইলে সেই আলো সবুজ হয়। আজকাল এই সকল রঙীন আলো বিজ্ঞাপনে (advertisement) খুব ব্যবহার করা হয়।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What are the principal constituents of air ? In what ratio by volume do they occur ?

[বায়ুর প্রধান উপাদান কি কি ? আয়তন হিসাবে তাহারা কি অনুপাতে থাকে ?]

2. Describe Lavoisier's experiment on the composition of air and state the conclusions he drew from the results.

[ল্যাভয়সিয়ারের বায়ুর সংযুতি পরীক্ষাটির বর্ণনা দাও এবং এই পরীক্ষা হইতে তিনি যে সিদ্ধান্তে উপনীত হইয়াছিলেন তাহা বল।]

3. Justify the statement—"Air is a mechanical mixture and not a chemical compound."

[বায়ু যৌগিক পদার্থ নয়, সাধারণ মিশ্রণ মাত্র—যুক্তি দ্বারা ব্যাখ্যা কর।]

4. How would you prove by experiment that air contains water-vapour and carbon di-oxide ?

[বায়ুতে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্‌সাইড গ্যাস আছে তাহা কিরূপে পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করিবে ?]

5. Explain the utilities of the existence of each of the constituents of air.

[বায়ুর বিভিন্ন উপাদানের উপকারিতা বর্ণনা কর।]

---

* পাঠ্যবিষয়ের অন্তর্ভুক্ত নহে।

১৩

অক্সিজেন

(Oxygen)

আণবিক সংকেত—O_2,   পারমাণবিক গুরুত্ব—16·0,   যোজ্যতা—2

ইতিহাস (**History**) :—১৭৭২ সালে সুইডিস বিজ্ঞানী শীলি (**Scheele**) পারদের লাল সর উত্তপ্ত করিয়া এবং সোরা গরম করিয়া এই গ্যাস প্রথম প্রস্তুত করেন। বায়ুতে ফসফরাস, গন্ধক, টিন—এরূপ অনেক পদার্থ পোড়াইয়াও শীলি অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। ১৭৭৪ সালে বৃটিশ বিজ্ঞানী প্রিস্টলী (**Priestley**) পৃথকভাবে পারদের লাল সর (**red mercuric oxide**) উত্তপ্ত কবিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত করেন। কিন্তু ১৭৭৭ সালের পুর্বে শীলির আবিষ্কারের বিবরণ প্রকাশিত না হওয়ায় বৃটিশ বিজ্ঞানী জোসেফ প্রিস্টলীকেই অক্সিজেন আবিষ্কারকের সম্মান দেওয়া হয়। কিন্তু যে বস্তুটিকে শীলি এবং প্রিস্টলী আবিষ্কার করেন তাহার সঠিক পবিচয় তাঁহারা কেহই দিতে পারেন নাই। অকসিজেনে আগুন জলে বলিয়া শীলি এই গ্যাসের নাম দেন 'অগ্নি-বায়ু' (Fire air)। অক্সিজেন গ্যাসটির যথার্থ পরিচয় দেন ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার (Lavoisier) এবং তিনিই ইহার নামকরণ করেন। অক্সিজেনের অর্থ 'অম্লজান' (oxys—sour, genas—to produce) অর্থাৎ অম্ল উৎপাদক। কারণ ল্যাভয়সিয়ারের ধারণা ছিল, সব এ্যাসিডের মধ্যেই অক্সিজেন থাকে।

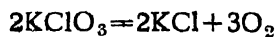
অবস্থান (**Occurrence**) :—বায়ুর পাঁচ ভাগের এক ভাগ অক্সিজেন। সেইজন্য প্রকৃতির মুক্ত বায়ুতে প্রচুর পরিমাণে অক্সিজেন পাওয়া যায়। যুক্ত অবস্থায় জল, বালু, পাথর, জৈব এবং অনেক অজৈব পদার্থের মধ্যে অক্সিজেন পাওয়া যায়। ভূপৃষ্ঠের বস্তুরাশির শতকরা প্রায় 50 ভাগ অক্সিজেন এবং ওজন হিসাবে জলের প্রায় শতকরা 89 ভাগ অক্সিজেন দ্বারা গঠিত।

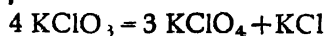
রসায়নাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতি :

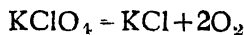
(Laboratory Preparation of Oxygen)

রসায়নাগারে সাধারণতঃ পটাশিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত হয়। পটাশিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) পটাশিয়াম, ক্লোরিন ও অক্সিজেন

দ্বারা গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ। উচ্চতাপে ইহা ভাঙ্গিয়া যায় এবং পটাশিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

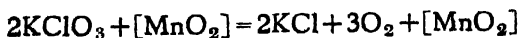
$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

কিন্তু এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটি হয় দুই ধাপে। প্রথমে প্রায় 370°C উষ্ণতায় পটাশিয়াম ক্লোরেট গলিয়া যায় এবং ধীরে ধীরে অক্সিজেন উৎপন্ন করে। সামান্য অক্সিজেন বাহির হইবার পর অধিকাংশ তরল $KClO_3$ হইতে কঠিন পটাশিয়াম পারক্লোরেটে ($KClO_4$) পরিণত হয়।

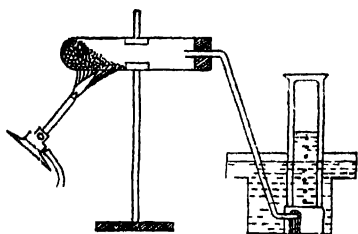
$$4\,KClO_3 = 3\,KClO_4 + KCl$$

ফলে অক্সিজেন উৎপন্ন মন্থর হইয়া যায়। এখন তাপ বৃদ্ধি করিলে 630°C উষ্ণতায় পটাশিয়াম পারক্লোরেট বিয়োজিত হয় এবং অধিক পরিমাণে অকসিজেন উৎপন্ন হয়।

$$KClO_4 = KCl + 2O_2$$

অক্সিজেন খুব দ্রুত এবং অধিক পরিমাণে প্রস্তুত করিবার জন্য আর একটি পদার্থ পটাশিয়াম ক্লোরেটের সহিত মিশ্রিত করিয়া লইতে হয়। রসায়নাগারে সাধারণতঃ পটাশিয়াম ক্লোরেটের সহিত ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড মিশাইতে হয়। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত হয় না বা অক্সিজেন প্রস্তুতের সময় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অকসাইড (MnO_2) কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াতেও অংশ গ্রহণ করে না। ইহা শুধু পটাশিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন উৎপাদনের প্রক্রিয়াটি সহজ ও ত্বরান্বিত করিয়া দেয়।

যে পদার্থ কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ না করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়াটিকে সহজ ও ত্বরান্বিত করিতে সাহায্য করে সেই পদার্থটিকে বলা হয় অনুঘটক বা প্রভাবক (Catalyst) এবং অনুঘটকের বা প্রভাবকের সাহায্যে রাসায়নিক প্রক্রিয়া সম্পাদনের কার্যকে বলা হয় অনুঘটন বা প্রভাবন (Catalysis)।

অক্সিজেন প্রস্তুতের সময় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড অনুঘটকের কাজ করে।

$$2KClO_3 + [MnO_2] = 2KCl + 3O_2 + [MnO_2]$$

পদ্ধতি ঃ—পাঁচভাগ ওজনের পটাশিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) এবং একভাগ ওজনের ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) একটি খলে (mortar) ভাল ভাবে মিশ্রিত করা হয়। এখন এই মিশ্রণটি শক্ত মোটা কাচের

পরীক্ষা-নলে (hard glass test tube) অর্ধেক পরিমাণ ভর্তি করা হয়। পরীক্ষা-নলের মুখটি ছিদ্র করা একটি ছিপিদ্বারা ভালভাবে আঁটিয়া দেওয়া হয়। ছিদ্রের ভিতর দিয়া একটি নির্গমনল (delivery tube) লাগান হয়। নির্গমনলের উর্ধ্বমুখী মাথাটি একটি জলভরা গ্যাসদ্রোণীতে (Pneumatic trough) রাখা হয়। মিশ্রণভরা পরীক্ষা-নলটি আংটা দিয়া আটকাইয়া সামনের দিকে একটু ঢালু করিয়া ধারকের সহিত আটকান হয়। এখন মিশ্রণটিকে প্রথমে সামনের দিকে উত্তপ্ত করিয়া ধীরে ধীরে পিছনের দিকে উত্তপ্ত করা হয়। প্রায় 240°C উষ্ণতায় পটাশিয়াম ক্লোরেট ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং দ্রোণীর জলের ভিতর হইতে বুদবুদ আকারে বাহির হইতে থাকে। প্রথমে কিছুটা গ্যাস বাহির হইয়া যাইতে দিতে হয়। কারণ পরীক্ষা-নলের ফাঁকা অংশে এবং নির্গমনলের মধ্যে যে বায়ু ছিল তাহা অক্সিজেনের সহিত বাহির হইয়া যাইবে। গ্যাস দ্রুত বাহির হইতে আরম্ভ করিলে একটি জলভরা গ্যাস জার (Gas-jar) দ্রোণীর মধ্যে নির্গমনলের মুখে উপুড় করিয়া বসাইতে হয়। পরীক্ষা-নল হইতে নির্গত অক্সিজেন গ্যাস বুদবুদ আকারে গ্যাস-জারের জল সরাইয়া জারে জমা হইবে। জারের সমস্ত জল বাহির হইয়া আসিলে বুঝিতে হইবে জারটি গ্যাস দ্বারা পূর্ণ হইয়াছে। তখন একটি কাচের চাকতি দিয়া গ্যাসজারের মুখটি বন্ধ করিয়া জারটি দ্রোণী হইতে উঠাইয়া লইতে হয়। রসায়নাগারে পরীক্ষার জন্য এইভাবে কয়েকটি গ্যাস-জার অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়।

রসায়নাগারে অকসিজেন প্রস্তুতি

সতর্কতা (**Precautions**) :—রসায়নাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতির সময় কয়েকটি বিষয়ে সতর্কতা অবলম্বন করিতে হয়। প্রথমতঃ, পটাশিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড উত্তমরূপে মিশাইতে হয়। অনেক সময় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডে কার্বনগুঁড়া মিশ্রিত থাকে। ফলে তাপ পাইলে অগ্নি-স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হয়। সেইজন্য প্রথমে অল্প একটু ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড একটি পরীক্ষা নলে লইয়া উত্তপ্ত করিতে হয়, অগ্নি-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি না হইলে সেই ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করিতে হয়।

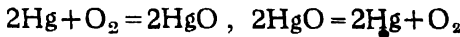
দ্বিতীয়তঃ, পরীক্ষা-নলের মিশ্রণ প্রথমে সামনের দিকে উত্তপ্ত করিয়া ধীরে ধীরে পিছনের দিকে সরাইতে হয়। কারণ প্রথমে পিছনের দিকে উত্তপ্ত করিলে

গ্যাসের চাপে মিশ্রণ নির্গম-নলের মুখ বন্ধ করিয়া ফেলিবে এবং গ্যাসের চাপে পরীক্ষা-নল ফাটিয়া যাইতে পারে।

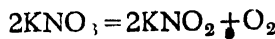
তৃতীয়তঃ, গ্যাস-জারে গ্যাসভরা বন্ধ হইলে নির্গমনলের মুখ দ্রোণীর জলের উপরে রাখিতে হয়। তাহা না হইলে নির্গমনল দিয়া দ্রোণীর জল পরীক্ষা-নলে প্রবেশ করিতে পারে।

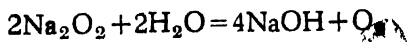
অক্সিজেন প্রস্তুতের অন্যান্য পদ্ধতি :
(Other methods of preparations of oxygen)

(১) তরল পারদের স্ফুটনাংক 357°C। এখন যদি তরল পারদকে বাতাসে 357°C কম উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা যায় তাহা হইলে পারদের সহিত বায়ুর অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগ হইয়া লাল পারদের অক্সাইড তৈয়ারী হয়। এই পারদের অক্সাইডকে পারদের স্ফুটনাংকের উপরে যদি উত্তপ্ত করা যায় (প্রায় 400°C) তাহা হইলে পারদের অক্সাইডের রাসায়নিক বিযোজনের (Chemical decomposition) ফলে পুনরায় পারদ মুক্ত হইয়া যায়।

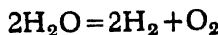
$$2Hg+O_2=2HgO\ ,\ \ 2HgO=2Hg+O_2$$

প্রিস্টলী ও ল্যাভয়সিয়ার এই পদ্ধতিতে অক্সিজেন প্রস্তুত করেন। বিজ্ঞানী শীলিও এই পদ্ধতিতে অক্সিজেন প্রস্তুত করেন। কিন্তু শীলি তাপ প্রয়োগ না করিয়া সূর্যরশ্মিকে শক্তিশালী আতসী কাচ দ্বারা কেন্দ্রীভূত করিয়া মারকিউরিক অক্সাইডের উপর ফেলিয়া ইহাকে বিয়োজিত করেন।

(২) পটাশিয়াম ক্লোরেটের পরিবর্তে পটাশিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) বা সোরা উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া পটাশিয়াম নাইট্রাইট ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

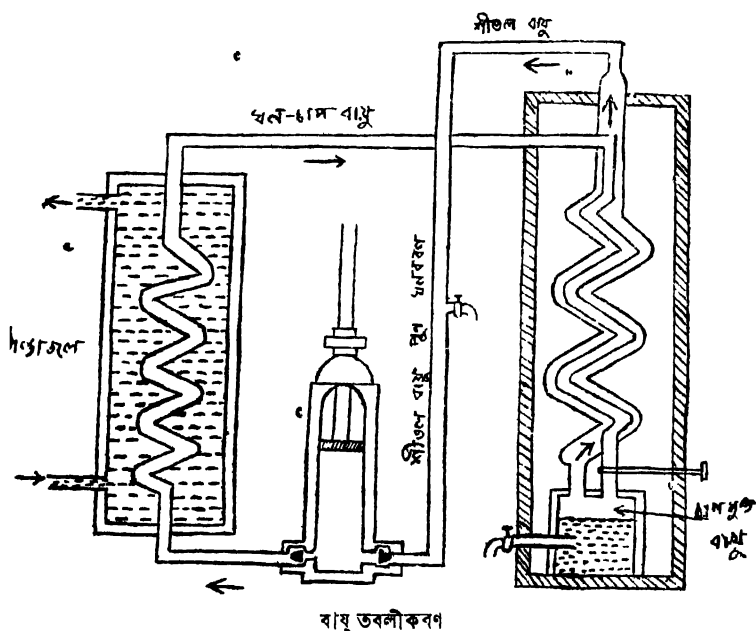
$$2KNO_3=2KNO_2+O_2$$

(৩) সোডিয়াম পার-অক্সাইডের উপর বিন্দু বিন্দু জল ফেলিলে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2Na_2O_2+2H_2O=4NaOH+O_2$$

এই পদ্ধতিতে রসায়নাগারে অতি সহজে বিনা উত্তাপে অক্সিজেন পাওয়া যায়।

(৪) জলের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ দিলে জলের অণু ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন অণুতে পরিণত হয়।

$$2H_2O=2H_2+O_2$$

* অক্সিজেন উৎপাদনের শিল্প-পদ্ধতি :
(Commercial Preparation of Oxygen)

বাণিজ্যিক প্রয়োজনে বৃহৎ আয়তনে অকসিজেন প্রস্তুত করিতে হয়। কম খরচায় অধিক পরিমাণ অকসিজেন প্রস্তুত করিতে হইলে বায়ু হইতে অক্সিজেন সংগ্রহ করিতে হয়। ইহার জন্য প্রথমে **বায়ুকে তরল করা হয়, পরে তরল বায়ু হইতে আংশিক পাতন ক্রিয়ায়** অকসিজেন সংগ্রহ করা হয়। জুল (James Prescott Joule) ও টমসন (William Thomson) পরে কেলভিন (Lord Kelvin) দীর্ঘ দশ বৎসর (1852—1862) গবেষণা করিয়া আবিষ্কার করেন যে, গ্যাসকে চাপমান যন্ত্রে (compressor machine) প্রচণ্ড চাপ দিয়া তাহার আয়তন সংকুচিত করিয়া হঠাৎ সরু ছিদ্রের মধ্য দিয়া ছাড়িয়া দিলে ইহার আয়তন সহসা বৃদ্ধি পায় এবং সঙ্গে সঙ্গে শীতল হইয়া যায়। তাহার কারণ আয়তন বৃদ্ধির জন্য তাপের প্রয়োজন হয়। বায়ু তাহার নিজের ভিতর হইতেই এই তাপ টানিয়া লয় বলিয়া নিজে শীতল হইয়া পড়ে।

বায়ু তরলীকরণ

বায়ুকে প্রথমে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে মুক্ত করিয়া পাম্প দ্বারা কুণ্ডলী-নলে প্রচণ্ড চাপে (200 atmosphere pressure অধিক)

* বিশদভাবে না পড়িলেও চলিবে।

প্রবেশ করানো হয়। চাপের প্রভাবে বায়ুর আয়তন সংকুচিত হয় এবং প্রচুর উত্তপ্ত হয়। সেইজন্য বায়ু প্রবাহের নলটি শীতল জল দ্বারা শীতল করা হয়। এই উচ্চ চাপের শীতল বায়ুকে সরু ছিদ্র দিয়া হঠাৎ চাপমুক্ত করিয়া একটি আবদ্ধ পাত্রে ছাড়িয়া দেওয়া হয়। আকস্মিক আয়তন বৃদ্ধির ফলে বায়ু খুব শীতল হইয়া পড়ে। যে নলটি দিয়া বায়ু প্রসারিত হইবার পাত্রে প্রবেশ করে তাহার চারিপাশে আরেকটি বড় ব্যাসের নল থাকে। প্রসারিত হইবার পাত্র হইতে শীতল বায়ু বড় ব্যাসের নলটির ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া আবার পাম্পে যায়। ইহাকে পুনরায় চাপ দ্বারা সংকুচিত করিয়া আবদ্ধ পাত্রে চাপমুক্ত করা হয়। এইরূপে চাপ দেওয়ার এবং মুক্ত করার চক্র পুনরাবৃত্তি করিলে বায়ু ক্রমাগত শীতল হইয়া যায়। যখন বায়ু অত্যন্ত শীতল হইয়া যায় তখন উহা তরল হয়। এইরূপে কোন বস্তুকে ঠাণ্ডা করার পদ্ধতিকে **জুল-টমসন এফেক্ট বা জুল-কেলভিন এফেক্ট** (Joule-Thompson Effect or Joule-Kelvin Effect) বলে। আজকাল লিণ্ডে ও ক্লদ মেশিনের (Linde and Claude machine) সাহায্যে বায়ুকে তরল করা হয়। তরল বায়ু তরল অকসিজেন ও তরল নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। ইহা দেখিতে নীলাভ। কারণ তরল অকসিজেনের রং নীলাভ। তরল বায়ু অত্যন্ত ঠাণ্ডা। ইহার স্ফুটনাংক -190°C।

আংশিক পাতন যন্ত্রের সাহায্যে (Fractionating Column) তরল বায়ু হইতে অকসিজেন ও নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা হয়। আংশিক পাতন যন্ত্রটি কয়েকটি তাকে (shelf) বিভক্ত থাকে। নীচ হইতে উপরদিকের উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিয়া যায়। তরল অকসিজেন হইতে তরল নাইট্রোজেন বেশী উদ্বায়ী। কারণ তরল নাইট্রোজেনের স্ফুটনাংক -196°C তরল অকসিজেনের স্ফুটনাংক -183°C। এই কারণে তরল বায়ু হইতে প্রথমে নাইট্রোজেন গ্যাস পৃথক হয়। সুতরাং যে-কোন তাক হইতে উপরের তাকের গ্যাসে বেশী নাইট্রোজেন, নীচের তাকের গ্যাসে বেশী অকসিজেন থাকিয়া যায়। অকসিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস চাপমান যন্ত্রের (compressor machine) সাহায্যে লোহার সিলিণ্ডারে (steel cylinder) ভর্তি করা হয়। এইরূপে ভর্তি সিলিণ্ডারগুলি বিভিন্ন স্থানে সরবরাহ করা হয়।

তাহা হইলে তরল বায়ু পাইতে হইলে উষ্ণতা -190°C রাখিতে হয়, সুতরাং ইহা কিরূপ ঠাণ্ডা ধারণা করিতে পারা যায়। সামান্য তরল বায়ু গায়ে লাগিলে সঙ্গে সঙ্গে ফোস্কা পড়িয়া যায়, কারণ শরীর হইতে উহা হঠাৎ তাপ টানিয়া লয়।

অক্সিজেনের ধর্ম :
(Properties of Oxygen)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—অক্সিজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন একটি গ্যাস। অক্সিজেনের ঘনত্ব 16, সুতরাং ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য ভারী। ইহাকে খুব চাপ দিয়া ও শীতল করিয়া তরলে পরিণত করা যায়। তরল অক্সিজেন দেখিতে নীলাভ ও স্ফুটনাংক -183°C। ইহাই একমাত্র গ্যাস যাহা জীবের শ্বাসক্রিয়ায় সহায়তা করে। ইহা জলে সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। জলচর প্রাণী জলে দ্রবীভূত অকসিজেন হইতে শ্বাস লইয়া বাঁচিয়া থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—(ক) অক্সিজেন নিজে জলে না কিন্তু অপরকে জ্বলিতে সাহায্য করে। অর্থাৎ অক্সিজেন নিজে অদাহ্য (non-inflammable), কিন্তু ইহা **দাহক পদার্থ** (Supporter of Combustion)।

পরীক্ষা :—একটি মৃদু আভাযুক্ত (glowing) পাটকাটি অক্সিজেন ভরা গ্যাসজারে প্রবেশ করান হইলে ইহা আবার উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে কিন্তু অক্সিজেন নিজে জ্বলিবে না।

তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে, যে সকল বস্তু বায়ুতে দগ্ধ হয় অক্সিজেনে তাহা আরও সহজেই উজ্জ্বল শিখায় দগ্ধ হইতে পারে।

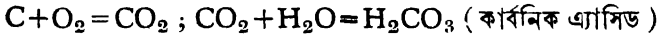
(খ) অক্সিজেন খুব **সক্রিয় পদার্থ**। হিলিয়াম, আর্গন প্রভৃতি ছয়টি নিষ্ক্রিয় গ্যাস ছাড়া প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে অক্সিজেন সমস্ত মৌলিক পদার্থের সহিত সংযুক্ত হয়। অক্সিজেনের সহিত অপর কোন মৌলের সংযুক্তির ফলে যে নূতন যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হয় তাহাকে সেই মৌলের **অক্সাইড বলে**।

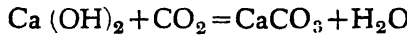
অকসিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে কার্বনের দহন

পরীক্ষা :—অক্সিজেন গ্যাসপূর্ণ কয়েকটি জার লইয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি করা হইল।

অধাতু লইয়া পরীক্ষা :—(১) একটি প্রজ্বলন চামচে (deflagrating spoon) এক টুকরা কার্বন লইয়া বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করা হইল। ইহা লালাভ হইলে প্রজ্বলন চামচটি জারের মধ্যে প্রবেশ করাইলে কার্বনের টুকরাটি আরও উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিবে এবং জারটি ধোঁয়ায় পরিণত হইবে। এখন এই জারের মধ্যে কিছুটা জল ঢালিয়া বেশ করিয়া

ঝাকাইয়া একটি নীল লিটমাস কাগজ উহার মধ্যে ফেলিয়া দিলে নীল লিটমাস লাল* হইয়া যাইবে। ইহার কারণ কার্বন অক্সিজেনে দহন হইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং এই গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইয়া কার্বনিক এ্যাসিড উৎপন্ন করে। সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইড আম্লিক অক্সাইড (acidic oxide)।

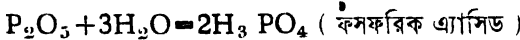
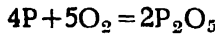
$$C+O_2=CO_2\ ;\ CO_2+H_2O=H_2CO_3$$ (কার্বনিক এ্যাসিড)

এই জলে কিছুটা পরিষ্কার চুণ-জল ঢালিয়া দিলে, চুণ-জল ঘোলা হইয়া যাইবে। অদ্রাব্য খড়িমাটি ($CaCO_3$) উৎপন্ন হওয়ার জন্য চুণ-জল ঘোলা হয়।

$$Ca(OH)_2+CO_2=CaCO_3+H_2O$$

(২) কার্বনের পরিবর্তে এক টুকরা সালফার (গন্ধক) প্রজ্বলন-চামচে জ্বালাইয়া অকসিজেন-ভরা গ্যাস-জারে প্রবেশ করাইলে সালফার অতি উজ্বল বেগুনী আলোক বিকিরণ করিয়া জ্বলিতে থাকিবে এবং জারটি সাদা ধোঁয়ায় ভরিয়া যাইবে। জারে অল্প পরিমাণ জল দিয়া ঝাকাইলে ধোঁয়া জলে দ্রবীভূত হইবে এবং ইহার মধ্যে নীল লিটমাস কাগজ ফেলিয়া দিলে লাল হইয়া যাইবে। ইহার কারণ সালফার অকসিজেনে পুড়িলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস (SO_2) উৎপন্ন হয়। সাদা ধোঁয়া এই গ্যাসের জন্যই হয় এবং ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া সালফিউরাস এ্যাসিডে (H_2SO_3) পরিণত হয়।

$$S+O_2=SO_2,\qquad SO_2+H_2O=H_2SO_3$$

(৩) ফসফরাস লইয়া অনুরূপভাবে পরীক্ষা করিলে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) গ্যাসে পরিণত হইবে এবং জলে দ্রবীভূত হইয়া ফসফরিক এ্যাসিড উৎপন্ন করিবে।

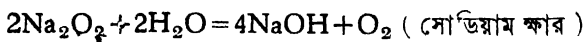
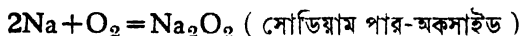
$$4P+5O_2=2P_2O_5$$

$$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$$ (ফসফরিক এ্যাসিড)

ধাতু লইয়া পরীক্ষা :—(৪) প্রজ্বলন-চামচে (deflagrating spoon) এক টুকরা জলন্ত সোডিয়াম লইয়া অক্সিজেন-ভরা জারে প্রবেশ করাইলে সোডিয়াম টুকরাটি উজ্জ্বল হরিদ্রা বর্ণের আলোকে জ্বলিতে থাকিবে এবং জারের নীচে সাদা ভস্ম পড়িয়া থাকিবে। এখন সামান্য জল জারে ঢালিয়া নাড়িয়া দিলে ভস্ম জলে দ্রবীভূত হইবে এবং দ্রবণে লাল লিটমাস দিলে নীল হইয়া যাইবে।

* এ্যাসিড মাত্রই নীল লিটমাসকে লাল করে এবং ক্ষার মাত্রই লাল লিটমাসকে নীল করে। এ্যাসিড ও ক্ষারের বিশদ বিবরণ মধ্যশিক্ষা রসায়ন ২য় খণ্ড সপ্তম অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।

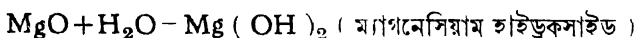
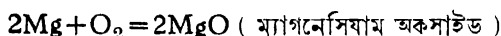
ক্ষারজাতীয় পদার্থ লাল লিটমাসকে নীল করে। সুতরাং দ্রবণটি ক্ষারজাতীয়।

$$2Na + O_2 = Na_2O_2$$ (সোডিয়াম পার-অকসাইড)

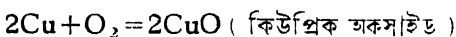
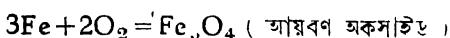
$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$ (সোডিয়াম ক্ষার)

(৫) সোডিয়ামের পরিবর্তে পটাশিয়াম লইয়া পরীক্ষা করিলেও অনুরূপ ফল পাওয়া যায়।

(৬) একটি জলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের তার অক্‌সিজেন গ্যাস জারে প্রবেশ করাইলে ইহা উজ্জ্বল চোখ ঝলসানো আলোক বিকিরণ করিয়া ভস্মে পরিণত হইবে। এই ভস্ম জলে সামান্য দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণটি লাল লিটমাসকে নীল করে।

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$ (ম্যাগনেসিয়াম অকসাইড)

$$MgO + H_2O - Mg(OH)_2$$ (ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রকসাইড)

(৭) আয়রণ, কপার প্রভৃতি ধাতু অকসিজেনে দহন হইলে অকসাইডে পরিণত হয়। কিন্তু এই সব অকসাইড জলে দ্রবণীয় নয়।

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$$ (আয়রণ অকসাইড)

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$ (কিউপ্রিক অকসাইড)

(৮) গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি কয়েকটি ধাতু অকসিজেনে দহন হয় না। ইহা ছাড়া প্রায় সব ধাতুই অকসিজেনে দহন হইয়া ধাতব অকসাইড গঠন করে।

উপরের পরীক্ষাগুলি হইতে সহজেই বুঝা যাইতেছে যে, **ধাতব অক্‌সাইডগুলি ক্ষারজাতীয় এবং অধাতব অক্‌সাইডগুলি অম্লজাতীয়**।

অক্‌সিজেনের ব্যবহার (**Uses of oxygen**) :—শ্বাস-প্রশ্বাসে অক্ষম রোগীর কৃত্রিম শ্বাসের জন্য, বিমান চালনার জন্য, উচ্চ পর্বত বা বেলুনে আরোহণ করার জন্য এবং সমুদ্রের ডুবরীদের গ্যাস মুখোসের সাহায্যে অক্‌সিজেন সরবরাহ করিবার জন্য ইহা ব্যবহার করা হয়। অকসি-হাইড্রোজেন (oxy-hydrogen flame) ও অকসি-এ্যাসিটিলিন (oxy-acetylene flame) শিখা এবং চূণের আলো (lime light) উৎপন্ন করিতে অকসিজেন ব্যবহৃত হয়।

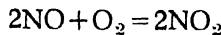
হাইড্রোজেন ও এ্যাসিটিলিন দুইটিই দাহ্য গ্যাস। অক্‌সিজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে ইহার উষ্ণতা প্রায় 2800°C হয়। অকসি-হাইড্রোজেন শিখাতে চূণ রাখিলে আলো খুব উজ্জ্বল হয়। চূণের আলো শিখা নহে। চূণের আলো ম্যাজিক ল্যাণ্টার্ণে, বায়স্কোপে, সার্চলাইটে ব্যবহৃত হয়। অক্‌সিজেন ও এ্যাসিটিলিন মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে ইহার উষ্ণতা

প্রায় 3200°C হয়। ইহা প্লাটিনাম গলাইতে, ইস্পাত কাটিতে এবং ঝালাই করিতে ব্যবহৃত হয়।

নিরীক্ষণ (**Tests**) :—কোন গ্যাস অক্সিজেন কিনা জানিতে হইলে প্রথমে লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে গ্যাসটি বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন কিনা। ইহার পর নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি করিয়া চিনিতে হইবে।

(১) প্রায় নির্বাপিত একটি কাঠিকে অকসিজেন গ্যাসের মধ্যে প্রবেশ করাইলে উহা পুনরায় জ্বলিয়া উঠিবে।

(২) অকসিজেন-পূর্ণ গ্যাস জারের সংস্পর্শে একটি নাইট্রিক অকসাইড-পূর্ণ গ্যাসজার আনিলে, উভয়ের সংযোগে গাঢ় বাদামী রংয়ের ধোঁয়া (নাইট্রোজেন পার-অকসাইড) উৎপন্ন হইবে।

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

(নাইট্রিক অকসাইড) (নাইট্রোজেন পার-অকসাইড)

(৩) অকসিজেন ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট (Alkaline Pyrogallate) দ্বারা শোষিত হইয়া একটি বাদামী রংয়ের দ্রবণ উৎপন্ন করিবে ও ক্রোমাস ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হইয়া নীল রং হইতে গাঢ় সবজ রংয়ের দ্রবণ তৈয়ারী হইবে।

অক্সাইড (Oxides) :—হিলিয়াম, নিয়ন প্রভৃতি কয়েকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস ছাড়া অক্সিজেন প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে অন্য সকল মৌলের সহিত সংযুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে। **অক্সিজেনের সংযোগে ধাতু ও অধাতুর যে যৌগ গঠিত হয় তাহাকে অক্সাইড (Oxide) বলে।**

যে মৌলের সহিত অকসিজেন সংযুক্ত হইয়া অকসাইড গঠন করে সেই মৌলের নামানুসারে অকসাইডটির নামকরণ করা হয়। অধাতুর অক্সাইড সাধারণতঃ গ্যাসীয় বা তরল পদার্থ। কোন কোন অধাতুর অকসাইড কঠিন পদার্থও হয়। প্রধানতঃ অধাতু অম্লধর্মী অক্সাইড উৎপন্ন করে। অর্থাৎ অধাতুর এই অক্সাইডগুলির জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে লাল হইয়া যায়। অধাতুগুলি বায়ুতে দহনের ফলে অকসাইড গঠিত হয়।

সোনা ও প্লাটিনাম ছাড়া অন্য যে-কোন ধাতু বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ধাতুর অক্সাইড গঠিত হয়। এই অকসাইডগুলিকে বলা হয় ধাতুভস্ম (calx)। ধাতুর অক্সাইড সবই কঠিন পদার্থ এবং ইহারা কেহ স্ফটিকাকার, কেহ অনিয়তাকার পাউডারের মত। প্রধানতঃ ধাতু ক্ষারধর্মী অক্সাইড উৎপন্ন করে। অর্থাৎ অক্সাইডগুলির জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস দিলে নীল হইয়া যায়।

প্রকৃতি অনুযায়ী, অক্‌সাইডগুলিকে নিম্নোক্ত শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যথা—

১। **এ্যাসিডিক অক্‌সাইড বা আম্লিক অক্‌সাইড** (**Acidic Oxide**):—কার্বন, সালফার, ফসফরাস প্রভৃতি অধাতুর অক্‌সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া এ্যাসিডে পরিণত হয় বলিয়া ইহাদের আম্লিক অক্‌সাইড বলা হয়। আম্লিক অক্‌সাইডগুলির প্রধান ধর্ম ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে এবং ক্ষারকের সহিত প্রশমন ক্রিয়া করিয়া লবণ উৎপন্ন করে।

যে সকল আম্লিক অক্‌সাইড জলে দ্রবণীয় ও জলীয় দ্রবণে অম্ল উৎপন্ন করে, উহাদের **নিরুদক** (Anhydride) বলা হয়। যথা, কার্বন ডাই-অক্‌সাইড (CO_2), সালফার ডাই-অকসাইড (SO_2), ফরফরাস পেণ্টঅক্‌সাইড (P_2O_5), প্রভৃতি।

উদাহরণঃ $SO_2+H_2O = H_2SO_3$ (সালফিউরাস এ্যাসিড)

$CO_2+H_2O = H_2CO_3$ (কাবনিক এ্যাসিড)

$P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$ (অর্থো-ফসফরিক এ্যাসিড)

$P_2O_5+H_2O = 2HPO_3$ (মেটা-ফসফরিক এ্যাসিড)

২। **ক্ষারকীয় অক্‌সাইড** (**Basic Oxide**):—সাধারণতঃ ধাতু মৌলগুলি অক্‌সিজেনের সংযোগে ক্ষারকীয় অকসাইড উৎপন্ন করে। ইহার প্রধান ধর্ম, অম্ল বা আম্লিক অকসাইডকে প্রশমিত করিয়া লবণ উৎপন্ন করা। যেমন,

$Na_2O+2HCl = H_2O+2NaCl$ (সোডিয়াম লবণ)

$CuO+H_2SO_4=H_2O+CuSO_4$ (কপার লবণ)

$CaO+CO_2 = CaCO_3$ (ক্যালসিয়াম লবণ)

সোডিয়াম, পটাশিয়াম ক্যালসিয়াম প্রভৃতি কতকগুলি ক্ষারকীয় অক্‌সাইড জলে দ্রবণীয় ও জলীয় দ্রবণে ক্ষার উৎপন্ন করে এবং লাল লিটমাস দ্রবণকে নীল করিয়া থাকে। এই ক্ষারকীয় অকসাইডগুলিকে **ক্ষারীয় অক্‌সাইড** (Alkaline Oxide) বলে। যেমন,

$Na_2O+H_2O=2NaOH$ (সোডিয়াম ক্ষার)

$CaO+H_2O = Ca(OH)_2$ (ক্যালসিয়াম ক্ষার)

৩। **প্রশম অক্‌সাইড বা নিরপেক্ষ অক্‌সাইড** (**Neutral Oxide**):—যে সকল অকসাইড লাল বা নীল লিটমাস দ্রবণের সহিত ক্রিয়াহীন ও জলীয় দ্রবণে যাহারা অম্ল বা ক্ষার কোনটিই উৎপন্ন করে না তাহাদের

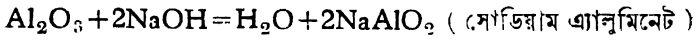
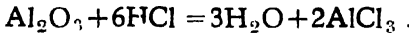
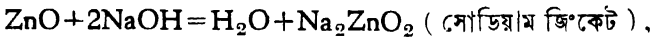
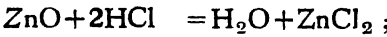
প্রশম অক্সাইড বলে। যেমন, জল (H_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), কার্বন মনোক্সাইড (CO), প্রভৃতি।

৪। **উভধর্মী অক্সাইড** (**Amphoteric Oxide**) :—জিংক, টিন, এ্যালুমিনিয়াম, প্রভৃতি অক্সাইডগুলির (ZnO, SnO, Al_2O_3) মধ্যে এ্যাসিড ও ক্ষার উভয় ধর্মেরই লক্ষণ প্রকাশ পায় অর্থাৎ এই সকল অক্সাইড অম্ল ও ক্ষার উভয়কেই প্রশমন করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে, এইজন্য ইহাদিগকে উভধর্মী অকসাইড বলে।

$$ZnO+2HCl = H_2O+ZnCl_2 ;$$

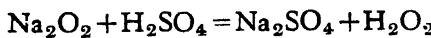
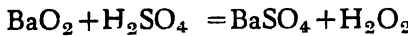
$$ZnO+2NaOH = H_2O+Na_2ZnO_2$$ (সোডিয়াম জিংকেট),

$$Al_2O_3+6HCl = 3H_2O+2AlCl_3 ,$$

$$Al_2O_3+2NaOH = H_2O+2NaAlO_2$$ (সোডিয়াম এ্যালুমিনেট)

লেড (Pb), টিন (Sn), আর্সেনিক (As) প্রভৃতির অকসাইডগুলিও উভধর্মী।

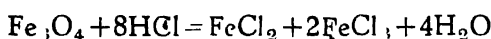
৫। **পার-অক্সাইড বা উচ্চ অক্সাইড** (**Peroxide**) :—স্বাভাবিক অবস্থায় কোন ধাতুর যোজ্যতা অনুসারে যতগুলি অক্সিজেন পরমাণু যুক্ত হইয়া অকসাইড গঠন করিতে পারে তাহা অপেক্ষা অধিক অক্সিজেন পরমাণুর সংযোগ ঘটিয়া যে ধাতব অক্সাইড গঠিত হয় তাহাকে পার-অকসাইড বলা হয়। যেমন, জল (H_2O) হাইড্রোজেনের অকসাইড। কিন্তু অবস্থাবিশেষে হাইড্রোজেনের পরমাণুদ্বয় দুইটি অকসিজেন পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া একটি নূতন অক্সাইডের সৃষ্টি করে। ইহাকে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2) বলা হয়। সেইরূপ BaO স্বাভাবিক অক্সাইড, কিন্তু BaO_2—বেরিয়াম পার-অকসাইড। বর্তমানে এই সংজ্ঞাটিকে সংশোধিত করিয়া বলা হয় যে, যে সকল অকসাইড লঘু এ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পার-অকসাইড উৎপন্ন করে তাহাদেরকেই পার-অক্সাইড বলা হয়। যেমন,

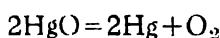
$$BaO_2+H_2SO_4 = BaSO_4+H_2O_2$$

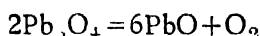
$$Na_2O_2+H_2SO_4 = Na_2SO_4+H_2O_2$$

যে সকল অক্সাইড স্বাভাবিক অক্সাইড অপেক্ষা অধিক অক্সিজেনযুক্ত কিন্তু লঘু এ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে না, উহাদেরকে **পলি-অক্সাইড বা ডাই-অক্সাইড** (Poly-oxide or di-oxide) বলা হয়। যেমন, PbO_2, MnO_2 প্রভৃতিতে স্বাভাবিক অক্সাইড অপেক্ষা অধিক অক্সিজেন থাকিলেও, উহারা প্রকৃত পার-অক্সাইড

নয়, পলি-অক্সাইড মাত্র। আবার কতকগুলি অক্সাইড দেখা যায় যেগুলিতে স্বাভাবিক অক্সাইড অপেক্ষা কম অক্সিজেন সংযুক্ত থাকে। ইহাদেরকে **সাব-অক্সাইড বা অপূর্ণ-অক্সাইড** (Sub-oxide) বলা হয়। যেমন, Ag_2O, CO ইত্যাদি।

৩। **মিশ্র বা যুগ্ম অক্সাইড (Compound Oxide)** :—কতকগুলি অক্সাইডের সংকেতকে দুইটি অক্সাইডের সংকেতের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে, যেমন, Fe_3O_4 (FeO, Fe_2O_3), Mn_3O_4 (2MnO, MnO_2), ইত্যাদি। ইহারা যে প্রকৃতপক্ষে দুইটি অক্সাইডের মিশ্রণমাত্র তাহা অম্লের সহিত ক্রিয়ার ফলে বুঝিতে পারা যায়। যথা, ফেরোসোফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4) লঘু হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডে দিলে তাহা হইতে ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) এবং ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) উৎপন্ন হয়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, ফেরোসোফেরিক অক্সাইডটি ফেরাস এবং ফেরিক অক্সাইডের সমন্বয়ে গঠিত।

$$Fe_3O_4 + 8HCl = FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O$$

ধাতব অক্সাইডের উপর তাপের ক্রিয়া (Action of heat on metallic oxide): তাপ প্রয়োগে কতকগুলি ধাতব অক্সাইড যথা—মারকিউরিক অক্সাইড, সিলভার অক্সাইড সম্পূর্ণ ভাঙ্গিয়া ধাতু ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। যেমন,

$$2HgO = 2Hg + O_2$$

রেড লেড (Pb_3O_4), ম্যাঙ্গানীজ ডাই অক্সাইড প্রভৃতি ধাতব অক্সাইড তাপের প্রভাবে আংশিক বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন ও অন্য অক্সাইডে পরিণত হয়। যেমন,

$$2Pb_3O_4 = 6PbO + O_2$$

আয়রণ অক্সাইড (Fe_2O_3), লেড ডাই-অক্সাইড (PbO_2), ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO), জিংক অক্সাইড (ZnO) প্রভৃতি ধাতব অক্সাইড তাপের প্রভাবে একেবারেই বিশ্লিষ্ট হয় না।

কতকগুলি অক্সাইড তপ্ত অবস্থায় বর্ণ পরিবর্তন করে আবার শীতল হইলে পূর্ব বর্ণ ফিরিয়া পায়। যেমন, জিংক অক্সাইড শীতল অবস্থায় সাদা এবং উত্তপ্ত অবস্থায় হলদে হয়, আবার শীতল হইলে সাদা হইয়া যায়। সেইরূপ মারকিউরিক অক্সাইড শীতল অবস্থায় লাল কিন্তু তপ্ত অবস্থায় কালো হয়।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. Who first discovered oxygen ? How would you prepare oxygen in the laboratory ?

[কে প্রথম অক্‌সিজেন আবিষ্কার করেন ? রসায়নাগারে কিভাবে অক্‌সিজেন প্রস্তুত করিবে ?]

2. How would you prepare Oxygen gas from Potassium Chlorate ? What experiments would you perform to demonstrate its principal properties ?

[পটাশিয়াম ক্লোরেট হইতে কি ভাবে অকসিজেন প্রস্তুত করিবে ? অক্‌সিজেনের প্রধান ধর্মগুলি দেখাইবার জন্য কি কি পরীক্ষা করিবে ?]

3. What explanation has been advanced of the action of manganese dioxide in the preparation of Oxygen from Potassium Chlorate ? What is catalysis ?

[পটাশিয়াম ক্লোরেট হইতে অকসিজেন প্রস্তুতকালে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্‌সাইডের কার্যকলাপ বর্ণনা কর। অনুঘটন কাহাকে বলে ?]

4. How would you show that Oxygen can be obtained from Mercuric Oxide ? Sketch the apparatus and give equations.

[মারকিউরিক অকসাইড হইতে অকসিজেন পাওয়া যায় তাহা কি ভাবে দেখাইবে ? চিত্র আঁক এবং সমীকরণ দাও।]

5. How is Oxygen obtained on a large scale ? Mention about its uses ? Also mention three compounds which give off Oxygen in a fairly pure state when heated and write equations for their decomposition.

[বৃহদায়তনে কিভাবে অকসিজেন পাওয়া যায় ? ইহার ব্যবহার বল। তিনটি যৌগিক পদার্থের নাম কর, যাহাদের উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ অবস্থায় অক্‌সিজেন পাওয়া যায়, এবং যৌগগুলির বিয়োজনের সমীকরণ লেখ।]

6. How would you obtain Oxygen from air and water ?

[বায়ু ও জল হইতে কিভাবে অকসিজেন পাওয়া যাইবে ?]

7. What happens when—silver, mercury, tin, carbon, sodium, and copper are heated in Oxygen ? Give equations.

[অক্‌সিজেনে রূপা, পারদ, টিন, কার্বন, সোডিয়াম ও তামা উত্তপ্ত করিলে কি হইবে ? সমীকরণ দাও।]

8. What are oxides ? How would you classify them ? To what classes do the following oxides belong ?

[অক্‌সাইড কাহাকে বলে ? অক্‌সাইডের শ্রেণীবিভাগ কিভাবে করিবে ? নিম্নলিখিত অক্‌সাইডগুলি কোন্ কোন্ শ্রেণীর অন্তর্গত ?]

(a) H_2O, (b) MgO, (c) CO_2, (d) MnO_2, (e) SO_2, (f) Na_2O.

১৪

নাইট্রোজেন

(Nitrogen)

আণবিক সংকেত—N_2 পারমাণবিক গুরুত্ব—14 যোজ্যতা—3 ও 5

ইতিহাস (History):- ১৭৭২ খৃষ্টাব্দে এডিনবরা বিশ্ববিদ্যালয়ের অধ্যাপক ড্যানিয়েল রাদারফোর্ড (Daniel Rutherford) নাইট্রোজেন গ্যাস প্রথম আবিষ্কার করেন। ইহা শ্বাস-প্রশ্বাস ক্রিয়ার সহায়ক নয় বলিয়া, ইহাকে 'মেফিটিক বায়ু' (mephitic air) বা 'বিষাক্ত-বায়ু' বলিয়া তিনি আখ্যা দেন। ১৭৭২ খৃষ্টাব্দে সুইডিশ বিজ্ঞানী শীলি সর্বপ্রথম প্রমান করেন যে বায়ু দুইটি গ্যাসের মিশ্রণ। একটি দহনের ও শ্বাস-প্রশ্বাসের সহায়ক বলিয়া নাম দেন 'অগ্নিবায়ু' (Fire Air), পরে ইহা অকসিজেন বলিয়া খ্যাত। অপরটি দহনের ও শ্বাস-প্রশ্বাসের সহায়ক নহে, নাম দেন 'অপবায়ু' (Foul Air)। কিন্তু নাইট্রোজেন যে একটি মৌলিক পদার্থ তাহা প্রমাণ করেন ১৭৭৫ খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার। তিনি এই গ্যাসটির নাম দেন এ্যাজোট (Azote) অর্থাৎ প্রাণনাশক (Greek—a=no , zoe=life)। ১৭৯০ খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী চ্যাপটাল (Chaptal) নাইটার বা সোরা হইতে এই গ্যাসটি প্রস্তুত করিয়া এ্যাজোটের পরিবর্তে 'নাইট্রোজেন' নামটি সর্বপ্রথম ব্যবহার করেন।

অবস্থান (Occurrence):--মুক্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের প্রধান ভাণ্ডার বায়ু। বায়ুর মোট আয়তনের শতকরা প্রায় 79 ভাগ নাইট্রোজেন। যৌগাবস্থায় নাইট্রোজেন মাটিতে সোরা বা পটাশিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) এবং চিলিতে চিলি-সল্টপিটার (Chile-saltpetre) বা সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) হিসাবে এবং এ্যামোনিয়াতে পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহে প্রোটিনরূপে (Protein) পাওয়া যায়।

নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি :
(Preparation of Nitrogen)

উৎস অনুপাতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি দুই ভাবে করা যায়, যথা—

১। বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি।

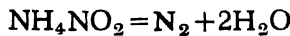
২। নাইট্রোজেনযুক্ত বিভিন্ন যৌগ হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি।

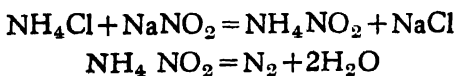
১। **বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি**—বায়ু অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সাধারণ মিশ্রণ। সুতরাং বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারণ করিলেই অবশিষ্ট গ্যাস নাইট্রোজেন পড়িয়া থাকিবে।

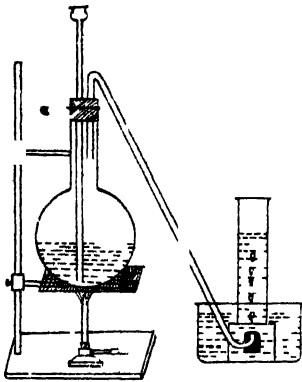
পরীক্ষা :—(ক) বেলজার ঢাকা আবদ্ধ বায়ুতে ফসফরাস, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি দহন করিলে অক্সিজেন গ্যাস অন্তর্হিত হয় এবং তখন অবশিষ্ট গ্যাস প্রায় সবটাই নাইট্রোজেন। [বিশদ বিবরণ দ্বাদশ অধ্যায়ে অর্থাৎ বায়ুর অধ্যায়ে বর্ণিত হইয়াছে।]

(খ) কোন আবদ্ধ পাত্রে রক্ষিত উত্তপ্ত তামার কুচির উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত করিলে, উত্তপ্ত তামার সহিত বায়ুর অক্সিজেন সংযোগে তামার অক্সাইড গঠিত হয় এবং নাইট্রোজেন মুক্ত হইয়া বাহির হইয়া যায়।

২। **এ্যামোনিয়া যৌগ (Ammonium Compound) হইতে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন : রসায়নাগার পদ্ধতি** (Laboratory Process) :—হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের একটি যৌগিক পদার্থ এ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট (NH_4NO_2) উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

কিন্তু শুধু এ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়াটি এত দ্রুত গতিতে হয় যে বিয়োজন সংযত করা যায় না, ফলে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য ইহার পরিবর্তে এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের মিশ্রণ ব্যবহার করা হয়। উত্তপ্ত করিলে এই পদার্থ দুইটির পারস্পরিক বিক্রিয়ায় প্রথমে এ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড তৈয়ারী হয় এবং সেই এ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট সঙ্গে সঙ্গে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত হয়। সুতরাং বিস্ফোরণের আর কোন সম্ভাবনা থাকে না।

$$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl$$
$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

সম পরিমাণ এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া একটি ফ্লাস্কে লওয়া হইল। ফ্লাস্কের মুখটি ছিদ্রযুক্ত একটি কর্ক দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হইল। একটি ছিদ্র দিয়া একটি দীর্ঘ-নল ফানেল (thistle funnel) এমন ভাবে প্রবেশ করান হইল যাহাতে উহার নলটি

ফ্লাস্কের দ্রবণের ভিতর ডুবিয়া থাকে। অপর ছিদ্র দিয়া একটি বাঁকা নির্গম নল (delivery tube) লাগান হইল এবং উহার অপর প্রান্তটি গ্যাস দ্রোণীর জলে ডোবানো রহিল। এখন ধীরে ধীরে ফ্লাস্কটি দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হইল। প্রথমে কিছু গ্যাস বাহির হইয়া যাইতে দেওয়া হইল কারণ ফ্লাস্কে ও নির্গমনলে যে বায়ু ছিল তাহা বাহির হইয়া গেল। এখন একটি জলভরা গ্যাসজার উপুড় করিয়া নির্গমনলের মুখে বসাইয়া দেওয়া হইল। নাইট্রোজেন গ্যাস বুদ্বুদের আকারে জারের জল সরাইয়া গ্যাসজার ভর্তি করিবে। একটি কাচের চাকতি দিয়া জারের মুখটি ঢাকিয়া নাইট্রোজেন গ্যাসভরা জারটি সরাইয়া লওয়া হইল। নাইট্রোজেনের ধর্ম পরীক্ষার জন্য এইভাবে কয়েকটি গ্যাসজার পূর্ণ করা হইল।

রসায়নাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

সতর্কতা (**Precautions**):—নাইট্রোজেন প্রস্তুতের সময় কয়েকটি সতর্কতা অবলম্বন করা বিশেষ প্রয়োজন। প্রথমতঃ লক্ষ্য রাখিতে হইবে দীর্ঘ-নলটি যেন দ্রবণের তলায় ডুবিয়া থাকে এবং নির্গম নলের মুখটি ফ্লাস্কের তরলের অনেক উপরে থাকে। দ্বিতীয়তঃ নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গেই দীপটি সরাইয়া উত্তাপ বন্ধ করিয়া দিতে হইবে, নতুবা বিক্রিয়া অত্যন্ত দ্রুত হওয়ার ফলে গ্যাসের চাপ বাড়িয়া যাইবে এবং ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যাইবে। গ্যাসের চাপ কমিয়া যাইলে আবার দীপটি ফ্লাস্কের তলায় আনিয়া উত্তাপ দিতে হইবে। গ্যাসের চাপ কম বেশী বুঝিবার জন্য দীর্ঘ-নল ফানেল লাগান হয়। কারণ চাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ফ্লাস্কের দ্রবণ নলের ভিতর দিয়া ফানেলের মুখে উঠিয়া যাইবে। এরূপ অবস্থায় তৎক্ষণাৎ দীপ সরাইয়া লইলে আবার ফানেলের মুখ হইতে দ্রবণ নীচে নামিয়া আসিবে।

বিশুদ্ধীকরণ (**Purification**):—এইভাবে যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় তাহাতে ক্লোরিন, এ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। সুতরাং নাইট্রোজেনকে ক্লোরিন মুক্ত করিবার জন্য প্রথমে ইহাকে ক্ষারীয় দ্রবণের মধ্য দিয়া, এ্যামোনিয়া ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করিবার জন্য গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্য দিয়া এবং সর্বশেষে নাইট্রিক অক্সাইড হইতে

মুক্ত করিবার জন্য ইহাকে উত্তপ্ত তামার ছিলার (copper turnings) উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়। পারদের উপর সংগ্রহের পর যে নাইট্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায় তাহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ থাকে।

বৃহদায়তন উৎপাদন (Manufacture of Nitrogen) :—নাইট্রোজেনের বৃহদায়তন উৎপাদনের জন্য বায়ুকে তরল করা হয়। এই তরল বায়ুকে আংশিক পাতন করিলে, প্রথম পাতিত অংশে অধিক উদ্বায়ী নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। (বিশদ বিবরণ অক্সিজেন অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।)

নাইট্রোজেনের ধর্ম :

(Properties of Nitrogen)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—নাইট্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস। ইহার ঘনত্ব 14, সুতরাং ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য হাল্কা। ইহা জলে খুব সামান্য দ্রবীভূত হয়। নাইট্রোজেনকে প্রবল চাপ দিলে এবং ঠাণ্ডা করিলে তরলে পরিণত হয় এবং পরে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। নাইট্রোজেন বিষাক্ত নয় কিন্তু শ্বাস-প্রশ্বাসের সহায়কও নয়।

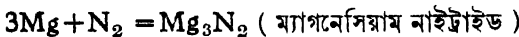
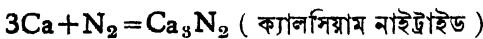
রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—(১) নাইট্রোজেন দহনশীল বা দাহক পদার্থ নয় অর্থাৎ নাইট্রোজেন নিজে জ্বলে না এবং অপরকে জ্বলিতেও সাহায্য করে না।

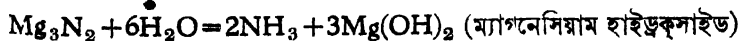
পরীক্ষা :—নাইট্রোজেন-পূর্ণ গ্যাস জারে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে উহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাসটিও জ্বলিবে না।

(২) নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় গ্যাস এবং প্রত্যক্ষভাবে সহজে ইহা অন্যান্য মৌলের সহিত বিক্রিয়া করে না।

(৩) বোরন, সিলিকন, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, এ্যালুমিনিয়াম, লিথিয়াম প্রভৃতি মৌল লোহিত তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া **নাইট্রাইড** (nitride) যৌগ গঠন করে।

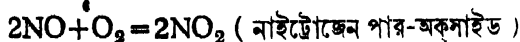
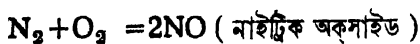
$$3Ca + N_2 = Ca_3N_2$$ (ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড)

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$$ (ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড)

নাইট্রাইড যৌগগুলি জলের সহিত বিক্রিয়ায় এ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 2NH_3 + 3Mg(OH)_2$$ (ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড)

(৪) বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের সংস্পর্শে নাইট্রোজেন প্রায় 3000°C তাপে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড (Nitric Oxide) গঠন

করে এবং পরে নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

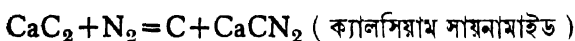
$$N_2+O_2=2NO$$ (নাইট্রিক অক্সাইড)

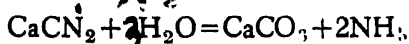
$$2NO+O_2=2NO_2$$ (নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড)

(৫) লোহার কুচিকে অনুঘটকরূপে ব্যবহার করিয়া উচ্চ চাপে (200 বায়ুমণ্ডলের চাপে) এবং তাপে (550°C) নাইট্রোজেন হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া এ্যামোনিয়া (NH_3) গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$N_2+3H_2=2NH_3$$ (এ্যামোনিয়া)

বিদ্যুৎ-স্পর্শ দ্বারাও এই বিক্রিয়া ঘটানো যায়।

(৬) 1000°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কারবাইডের (CaC_2) সহিত নাইট্রোজেন যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সায়নামাইড গঠন করে।

$$CaC_2+N_2=C+CaCN_2$$ (ক্যালসিয়াম সায়নামাইড)

ক্যালসিয়াম সায়নামাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় এ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$CaCN_2+3H_2O=CaCO_3+2NH_3$$

নাইট্রোজেনের ব্যবহার (Uses of Niirogen)) :—নাইট্রোজেন—এ্যামোনিয়া, নাইট্রিক এ্যাসিড, কৃত্রিম-সার প্রস্তুতের জন্য ব্যবহৃত হয়।

ইলেক্‌ট্রিক বাল্‌বের মধ্যে নাইট্রোজেন গ্যাস পূর্ণ থাকিলে উহাদের স্থায়িত্ব-কাল বৃদ্ধি পায়, সেইজন্য আজকাল শূন্য (vacuum) ইলেকট্রিক বাল্‌বের পরিবর্তে নাইট্রোজেন গ্যাস ভরা থাকে। উচ্চ তাপের থার্মোমিটার ভর্তি করার জন্য নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

নিরীক্ষণ (Tests) :—একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস নাইট্রোজেন কিনা জানিতে হইলে নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি করিলে জানা যাইবে।

(১) একটি জলন্ত কাঠি নাইট্রোজেন গ্যাসে প্রবেশ করাইলে কাঠিটি নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাসটিও জ্বলিবে না।

(২) নাইট্রোজেন-পূর্ণ গ্যাস জারে খানিকটা চুণের জল ঢালিলে চুণের জল ঘোলাটে হইবে না।

(৩) তপ্ত ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর দ্বারা নাইট্রোজেন গ্যাসটি শোষিত হইয়া যাইবে।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. How is Nitrogen obtained from (a) air and (b) ammonium nitrite ? Describe its important properties and uses.

[বায়ু হইতে এবং এ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট হইতে কিরূপে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা যায় ? ইহার প্রধান ধর্ম এবং ব্যবহার বর্ণনা কর।]

2. Starting from ammonium chloride, show how you would prepare a sample of pure nitrogen.

[এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে আরম্ভ করিয়া কিভাবে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিবে লিখ।]

3. State under what conditions nitrogen combines with—

[কিরূপ অবস্থায় নাইট্রোজেন ইহাদের সহিত মিলিত হয় লিখ—]

(a) Hydrogen, (b) Oxygen, (c) Magnesium (d) Calcium, (e) Aluminium. Describe the action of water on the products formed in each case.

[প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে উৎপন্ন যৌগগুলির সহিত জলের বিক্রিয়া বর্ণনা কর।]

4. If a sample of clear lime water is exposed to air it turns turbid but when exposed to nitrogen it does not, why ?

[বায়ুতে স্বচ্ছ চুণের জল রাখিলে ঘোলাটে হইয়া যায় কিন্তু নাইট্রোজেনে উন্মুক্ত রাখিলে হয় না, কেন ?

১৫

হাইড্রোজেন

(Hydrogen)

আণবিক সংকেত—H_2 পারমাণবিক গুরুত্ব—1 যোজ্যতা—1

ইতিহাস (History):—১৭৬৬ খৃষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী ক্যাভেণ্ডিস (Cavendish) এই গ্যাসটি আবিষ্কার করেন। এই গ্যাসটি আগুনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে বলিয়া ক্যাভেণ্ডিসের প্রস্তাবানুসারে এই গ্যাসটির নামকরণ হয় "দাহ্য বায়ু" (inflammable air)। ক্যাভেণ্ডিসের পূবে ১৬৩০ খৃষ্টাব্দে বেলজিয়াম বিজ্ঞানী ভ্যান হেলমণ্ট (Van Helmont) এই গ্যাসটির সন্ধান পান। আইরিশ বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল (Robert Boyle) (১৬২৭-১৬৯১) এই গ্যাসটি তৈয়ারী করিতে সক্ষম হন। কিন্তু তাঁহারা হাইড্রোজেন সম্বন্ধে বিশেষ কোন পরীক্ষা না করায় ক্যাভেণ্ডিসকেই হাইড্রোজেনের আবিষ্কর্তা হিসাবে ধরা হয়। ১৭৮৮ খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করেন যে হাইড্রোজেন একটি মৌলিক পদার্থ। বায়ুতে ইহা জ্বালাইলে জল তৈয়ারী হয়। সেইজন্য ল্যাভয়সিয়ার গ্যাসটির নাম দেন হাইড্রোজেন (Hydro—water , genas—to produce) অর্থাৎ জলের উৎপাদক।

অবস্থান (Occurrence):—হাইড্রোজেন মুক্ত অবস্থায় খুব কমই পাওয়া যায়। আগ্নেয়গিরি হইতে নির্গত গ্যাসে, পেট্রোলিয়াম ও অন্যান্য খনির মধ্যে আবদ্ধবস্থায় ও বায়ুমণ্ডলে, সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেন মৌলরূপে পাওয়া যায়। যৌগ অবস্থায় ইহা জলে, অম্রে, ক্ষারে, প্রাণী ও উদ্ভিদের দেহের উপাদানে, তেলে ও চর্বিতে পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

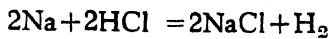
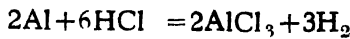
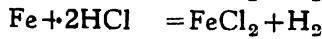
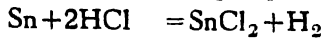
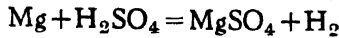
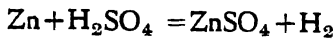
(Preparation of Hydrogen)

হাইড্রোজেন বিভিন্ন উপায়ে প্রস্তুত করা সম্ভব। নিম্নে কয়েকটি প্রস্তুতি প্রণালী বর্ণনা করা হইল।

এ্যাসিড হইতে:—সমস্ত এ্যাসিডেই হাইড্রোজেন থাকে। অনেক ধাতু এ্যাসিড হইতে সম্পূর্ণ অথবা আংশিক ভাবে হাইড্রোজেনকে বিতাড়িত করিয়া তাহার স্থান অধিকার করিয়া বসে। অর্থাৎ ধাতুর দ্বারা এ্যাসিডের

হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন (replacement) হয়। এইরূপে কোন ধাতু এ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন বিতাড়িত করিয়া তাহার স্থান অধিকার করিলে যে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হয়, তাহাকে উক্ত এ্যাসিডের লবণ (salt) বলে। কার্যক্ষেত্রে দেখা যায় জিংক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রণ, এ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি কয়েকটি ধাতু লঘু হাইড্রোক্লোরিক (dilute hydrochloric acid) বা লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের (dilute sulphuric acid) সহিত ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। টিনের উপর গাঢ় ও উষ্ণ হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। কপার, গোল্ড, সিলভার, মারকারি প্রভৃতি কয়েকটি ধাতু এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$
$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$
$$Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2$$
$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$
$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$
$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2$$

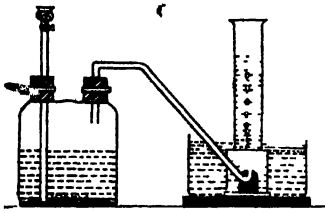
কোন ধাতু অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে কিনা একটি পর্যায় দেওয়া হইল।

K
Na
Ca
Mg
Al
Cr
Mn
Zn
Cd
Fe
Co
Ni
Sn
Pb
H
Sb
Bi
As
Cu
Hg
Ag
Pt
Au

ইহাকে "তাড়িত রাসায়নিক পর্যায়" (electro-chemical series) বলে। লেড ব্যতীত যে ধাতুগুলি হাইড্রোজেনের উপর সজ্জিত আছে, উহারা এ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, কিন্তু হাইড্রোজেনের নিম্নে অবস্থিত ধাতুগুলি এইরূপ করে না।

রসায়নাগার প্রস্তুতি :

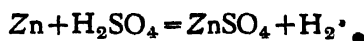
(Laboratory Preparation)

দুইমুখ বিশিষ্ট একটি উলফ্ বোতলে (Woulfe's bottle) কিছু দস্তার ছিবড়া (granulated zinc) লওয়া হয় এবং কিছু জল ঢালিয়া সেগুলি ডুবাইয়া রাখা হয়। উলফ্ বোতলের দুইমুখ দুইটি ছিদ্রযুক্ত কর্ক দ্বারা বায়ু নিরোধক ভাবে বন্ধ করা হয়। একটি ছিদ্র দিয়া একটি দীর্ঘ-নল ফানেল প্রবেশ করান হয় এবং লক্ষ্য রাখা হয় যেন উহার শেষ প্রান্তটি জলের নীচে ডোবান থাকে। অপর কর্কে একটি বাঁকানো নির্গম নল (delivery tube) লাগান হয়।

হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত হইলে একটি বিস্ফোরক মিশ্র (explosive mixture) উৎপন্ন করে। সেইজন্য কর্ক ও নলগুলির সংযোগ যাহাতে সম্পূর্ণরূপে বায়ু নিরোধক (air tight) হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন যাহাতে বায়ুর সংস্পর্শে আসিতে না পারে সে বিষয়ে লক্ষ্য রাখিতে হইবে। সেইজন্য উলফ্‌ বোতলের ছিপিগুলি দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ করিয়া সংযোগস্থলে কিছু মোম বা ভেসেলিন লাগাইয়া দেওয়া হয়। সম্পূর্ণ বায়ু নিরোধক হইয়াছে কিনা পরীক্ষা করিবার জন্য নির্গম-নলের মুখে মুখ লাগাইয়া ফুঁ দিলে কিছুটা জল দীর্ঘনল ফানেলে উঠিবে। এখন নির্গমনলের মুখটি আঙুল দিয়া চাপিয়া ধরিতে হইবে। যন্ত্রটি সম্পূর্ণভাবে বায় নিরোধক হইলে দীর্ঘনল ফানেলের মধ্যে জলের স্তম্ভটি স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া থাকিবে, নীচে নামিবে না। কিন্তু দীর্ঘ নল দিয়া জল নীচে পড়িয়া যাইলে বুঝিতে হইবে যে বোতলটি বায়ু নিরোধক ভাবে ফিট করা হয় নাই।

রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

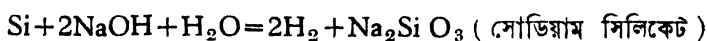
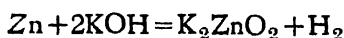
উলফ্‌ বোতলটি বায়ু নিরোধকভাবে ফিট করা হইলে, নির্গম নলের খোলা মুখটি একটি গ্যাসদ্রোণীর ভিতরে জলের নীচে রাখা হয়। এখন দীর্ঘনল ফানেলের ভিতর দিয়া খানিকটা লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড ঢালিলে দেখা যাইবে যে দস্তার টুকরাগুলি তাড়াতাড়ি গলিয়া যাইতেছে এবং নির্গমনলের মুখ দিয়া বুদবুদের আকারে গ্যাস বাহির হইতেছে। প্রথমে কিছুটা গ্যাস বাহির হইয়া যাইতে দেওয়া হয় কারণ এই গ্যাস বোতলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুর সহিত মিশ্রিত হইয়া বাহির হয়। এইবার একটি পরীক্ষানলে জল ভরিয়া দ্রোণীর মধ্যে নির্গমনলের মাথায় উপুড় করিয়া বসাইয়া পরীক্ষানলে গ্যাস ভরা হইল। একটি জলন্ত কাঠি এই পরীক্ষা-নলে প্রবেশ করাইলে যদি গ্যাস কোন শব্দ না করিয়া জলিয়া উঠে তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে বোতলের সমস্ত বায়ু বাহির হইয়া গিয়াছে এবং সংগ্রহের উপযোগী গ্যাস বাহির হইতেছে। এইবার একটি গ্যাসজার জলপুর্ণ করা হইল এবং লক্ষ্য রাখা হইল যেন, গ্যাসজারে কোন বায়ুর বুদবুদ না থাকে। এখন জলপুর্ণ গ্যাসজারটি নির্গমনলের মাথায় উপুড় করিয়া বসানো হইল। কিছুক্ষণের মধ্যেই বুদবুদাকারে জারের জল সরাইয়া গ্যাস-জারটি হাইড্রোজেন গ্যাসে পুর্ণ হইয়া যাইবে। গ্যাসজারের মুখে কাচের চাকতি দিয়া ঢাকিয়া গ্যাস সংগ্রহ করা হইল এবং গ্যাসপুর্ণ জারটির মুখ নীচের

দিকে করিয়া রাখা হইল। এইভাবে কয়েকটি গ্যাসজার পরীক্ষার জন্য হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হইল।

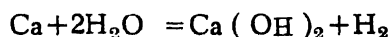
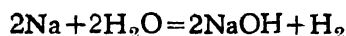
$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

মনে রাখিতে হইবে, বিশুদ্ধ জিংকের সহিত লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের অতিক্ষীন বিক্রিয়া হয়। গাঢ় এ্যাসিডের সহিত জিংকের প্রায় বিক্রিয়া হয় না। জিংক গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

ক্ষার হইতে :—জিংক এ্যালুমিনিয়াম, টিন, প্রভৃতি ধাতু এবং সিলিকন তীব্র ক্ষার যেমন কষ্টিক সোডা (NaOH) ও কষ্টিক পটাশ (KOH) সহিত ফুটাইলে হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয়।

$$Zn + 2KOH = K_2ZnO_2 + H_2$$

$$Si + 2NaOH + H_2O = 2H_2 + Na_2SiO_3$$ (সোডিয়াম সিলিকেট)

জল হইতে :—(ক) ঠাণ্ডা জল—সোডিয়াম, পটাশিয়াম ও ক্যালসিয়াম ধাতু জলের সংস্পর্শে আসিলেই সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$$

পরীক্ষা :—একটি জলভরা দ্রোণীর মধ্যে এক টুকরা তার দিয়া বাঁধিয়া সোডিয়াম ফেলিয়া দিলে সঙ্গে সঙ্গে জলের মধ্যে বুদবুদাকারে হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইতে থাকিবে। জলভরা একটি গ্যাসজার তার বাঁধা সোডিয়ামের উপর বসাইলে জারের জল সরাইয়া জারটি গ্যাসে পূর্ণ হইয়া যাইবে।

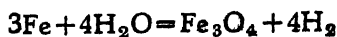
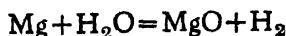
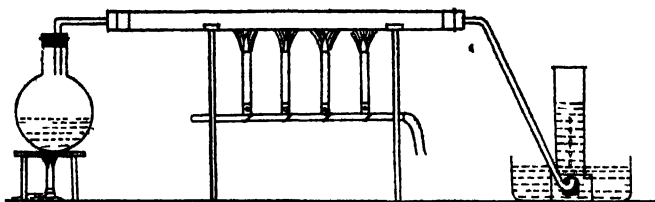
(খ) স্ফুটন জল—স্ফুটন্ত জলে ম্যাগনেসিয়াম পাউডার বা এ্যালুমিনিয়াম পাউডার ফেলিয়া দিলে স্ফুটনাংকের উষ্ণতায় ধাতুর সহিত জলের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$$

$$Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$$

(গ) স্টীম—আয়রণ, ম্যাগনেসিয়াম, জিংক প্রভৃতি ধাতুর ক্রিয়াশীলতা অপেক্ষাকৃত কম বলিয়া ঠাণ্ডা জলের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না। কিন্তু উত্তপ্ত ধাতুর উপর স্টীম প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$Mg + H_2O = MgO + H_2$$

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

পরীক্ষা :—একটি শক্ত মোটা কাচের নলে কিছু লৌহচূর্ণ লইয়া নলটিকে লালতপ্ত করিয়া উত্তপ্ত করিলে ভিতরের লৌহচূর্ণগুলিও উত্তপ্ত হইবে। এই অবস্থায় চূর্ণগুলির উপর স্টীম প্রবাহিত করিলে বাষ্পের অকসিজেনের সঙ্গে

স্টীম হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

লোহা সংযুক্ত হইয়া লোহার অক্সাইড গঠন করে এবং বাষ্পের হাইড্রোজেনকে নির্মুক্ত করিয়া দেয়। নলের অপর প্রান্তস্থিত নির্গম নলদ্বারা গ্যাস বাহির হয়। জল অপসারণ দ্বারা গ্যাসটি সংগ্রহ করিলে দেখা যাইবে ইহা হাইড্রোজেন।

(ঘ) বিদ্যুৎ বিশ্লেষণ—জল হাইড্রোজেন ও অকসিজেন সংযোগে যৌগিক পদার্থ। জলের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করিলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় এবং তরল জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হয়।

হাইড্রোজেনের বৃহদায়তন উৎপাদন ঃ
(Manufacture of Hydrogen)

হাইড্রোজেনের বৃহদায়তন উৎপাদনে জিংক ও সালফিউরিক এ্যাসিড সহযোগে হাইড্রোজেন উৎপাদনের প্রণালী উপযোগী নয়। কারণ জিংক ও সালফিউরিক এ্যাসিড উভয় বিক্রিয়কের ব্যবহার ব্যয়সাধ্য ও উৎপন্ন হাইড্রোজেনের মূল্য অধিক হইয়া থাকে। পণ্য উৎপাদনের জন্য সহজ ও সুলভ পন্থা অবলম্বন করিতে হয়।

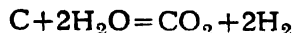
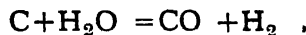
বর্তমানকালে পৃথিবীর প্রায় সর্বত্রই হাইড্রোজেনের বৃহদায়তন উৎপাদনে † **বস্ প্রণালী** (Bosch Process) **বা ওয়াটার গ্যাস প্রণালী** (Water Gas Process) ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই বস্ প্রণালী বা ওয়াটার গ্যাস প্রণালী চারি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়।

প্রথম পর্যায়ে, একটি বিশেষভাবে নির্মিত উনানের মধ্যে কোক কয়লাকে লোহিত তপ্ত (1000°C) করা হয় এবং ইহার উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করা হয়। ফলে সম-আয়তন কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস

† বিশদভাবে না পড়িলেও চলিবে।

এবং সামান্য পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই মিশ্র গ্যাসকে **ওয়াটার গ্যাস বা উদক গ্যাস** (Water- Gas) বলে।

$$C+H_2O = CO + H_2 ,$$

$$C+2H_2O = CO_2 + 2H_2$$

দ্বিতীয় পর্য্যায়ে, উৎপন্ন ওয়াটার গ্যাসের সহিত আরও ষ্টীম্ মিশ্রিত করিয়া অধিক চাপে উত্তপ্ত (450°C) প্রভাবক ফেরিক অকসাইড ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণের উপর দিয়া চালনা করা হয়। উত্তপ্ত প্রভাবকের সংস্পর্শে কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অকসাইডে পরিণত হয়।

$$(CO+H_2)+H_2O = CO_2 + 2H_2$$

তৃতীয় পর্যায়ে, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে অধিক চাপে (300 বায়ুমণ্ডলের চাপে) জলের মধ্যে চালনা করিলে, কার্বন ডাই-অকসাইড জলের মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস মুক্ত হয়।

চতুর্থ পর্যায়ে সামান্য কার্বন মনোকসাইড যাহা অপরিবর্তিত অবস্থায় থাকে তাহা এ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্বারা শোষণ করা হয়।

*** হাইড্রোজেনের বিশুদ্ধীকরণ** (**Purification of Hydrogen**) :—

রসায়নাগারে জিংকের উপর লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের প্রক্রিয়ার ফলে যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহাতে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কলুষ পদার্থরূপে (impurities) মিশ্রিত থাকে। যথা—ফসফিন (PH_3) ও আরসিন (AsH_3) (জিংকে মিশ্রিত ফসফরাস ও আর্সেনিক হইতে উৎপন্ন), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) ও সালফার ডাই-অকসাইড (SO_2) (সালফিউরিক এ্যাসিড হইতে উৎপন্ন) নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অকসাইড (প্রধানতঃ নাইট্রোজেন পার-অকসাইড NO_2), কার্বন ডাই-অকসাইড (CO_2), (বায়ু হইতে মিশ্রিত), জলীয় বাষ্প ও নাইট্রোজেন।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতের জন্য অবিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে (impure hydrogen) কতকগুলি U-টিউবের মধ্য দিয়া চালনা করা হয়। U-টিউব-গুলিতে যথাক্রমে লেডনাইট্রেট দ্রবণ [$Pb(NO_3)_2$], H_2S-কে শোষণ করিবার জন্য, সিলভার সালফেট দ্রবণ [Ag_2SO_4], PH_3 ও AsH_3-কে শোষণ করিবার জন্য, কষ্টিক পটাশ দ্রবণ [KOH], অম্লধর্মী SO_2, NO_2 CO_2-কে শোষণ করিবার জন্য, এবং গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড (H_2SO_4)

* বিশদভাবে না পড়িলেও চলিবে।

বা ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) জলীয় বাষ্পকে শোষণ করিবার জন্য, পূর্ণ করা থাকে।

সর্বশেষ U-টিউব হইতে হাইড্রোজেন বাহির হইবার সময় উহাতে কেবলমাত্র নাইট্রোজেন গ্যাস মিশ্রিত থাকে। হাইড্রোজেনকে নাইট্রোজেন হইতে মুক্ত করিবার জন্য একটি উত্তপ্ত প্যালেডিয়াম (Palladium) ধাতুর টুকরাপূর্ণ, বায়ুশূন্য গোলকের মধ্যে চালনা করা হয়। উত্তপ্ত প্যালেডিয়াম ধাতু কেবলমাত্র হাইড্রোজেনকে শোষণ করে, নাইট্রোজেনকে করে না। নাইট্রোজেনকে পাম্প দিয়া বাহির করা হয়। এখন প্যালেডিয়াম ধাতুসহ গোলকটিকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন নির্গত হয় এবং উহা পাবদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

হাইড্রোজেনের ধর্ম ঃ

(Properties of Hydrogen)

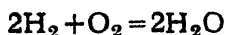
ভৌত ধর্ম (Physical Properties) ঃ –হাইড্রোজেন বর্ণহীন, স্বাদহীন ও গন্ধহীন একটি গ্যাস। ইহা জলে অতি সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। ইহা পৃথিবীর মধ্যে সকল পদার্থ অপেক্ষা হাল্কা। ইহা বায়ু অপেক্ষা 14·4 গুণ হাল্কা। হাইড্রোজেনকে উচ্চ চাপে এবং শৈত্যের প্রভাবে তরল এবং শেষ পর্য্যন্ত কঠিন হাইড্রোজেনে পরিণত করা যায়। তরল হাইড্রোজেন একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ। হাইড্রোজেন যে বায়ু অপেক্ষা হাল্কা তাহা সহজেই প্রমাণ করা যায়—

পরীক্ষা :—একটি ছোট রবারের বেলুনকে হাইড্রোজেন গ্যাস পূর্ণ করিয়া ছাড়িয়া দিলে বেলুনটি উপরে উঠিয়া যাইবে।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—(১) হাইড্রোজেন দাহ্য পদার্থ (inflammable, combustible) কিন্তু দহনের সহায়ক নয় (not a supporter of combustion)।

পরীক্ষা :—একটি হাইড্রোজেন গ্যাসপূর্ণ জারের মুখে একটি জলন্ত, কাঠি ধরিলে, গ্যাসটি জলিতে থাকিবে কিন্তু জলন্ত কাঠিটি নিভিয়া যাইবে। সাধারণ চাপে হাইড্রোজেন দহনকালে, অতিক্ষীণ নীলাভ শিখা উৎপন্ন করে। উচ্চ চাপে হইড্রোজেনের দহনকালে দীপ্তিমান শিখা উৎপন্ন হয়।

(২) হাইড্রোজেন বাতাসে দহনকালে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন করে। সেইজন্য ইহাকে হাইড্রোজেন অর্থাৎ জলের উৎপাদক (water producer) বলা হয়।

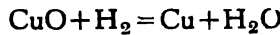
$$2H_2+O_2=2H_2O$$

পরীক্ষা :—একটি ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-টিউবের মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া ঐ নলের শেষ প্রান্তে অগ্নি সংযোগ করিলে গ্যাসটি জ্বলিতে থাকিবে। শিখাটি একটি শীতল ফ্লাস্ক বা বকযন্ত্রের গায়ে ধরিলে দেখা যাইবে উহার গায়ে বিন্দু বিন্দু করিয়া জল জমা হইতেছে। ইচ্ছা করিলে নীচে একটি বীকার রাখিয়া ঐ জল সংগ্রহ করা যায়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড জল শোষণ করে সুতরাং উহার মধ্য দিয়া আসিবার ফলে হাইড্রোজেনে যাহা কিছু জল ছিল তাহা শোষিত হইয়াছে এবং উৎপন্ন জল সম্পূর্ণই হাইড্রোজেনের দহনের ফলে প্রস্তুত।

৩। হাইড্রোজেন ও অকসিজেনের মিশ্রণ অতিশয় বিস্ফোরণশীল।

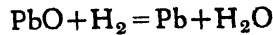
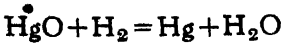
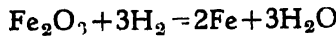
পরীক্ষা :—একটি সোডার বোতল দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অকসিজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া বোতলটি সাবধানে তোয়ালে দ্বারা জড়াইয়া উহার মুখে একটি জলন্ত কাঠি ধরিলে একটি প্রচণ্ড শব্দ করিয়া বোতলের গ্যাস মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটিবে।

৪। হাইড্রোজেনের সকল অবস্থায়ই অকসিজেনের সহিত মিলিত হইবার প্রবল আসক্তি (affinity) দেখা যায়। সেইজন্য অকসিজেনযুক্ত অনেক যৌগিক পদার্থের মধ্য হইতে অক্সিজেন টানিয়া লইয়া ইহা জলে পরিণত হয়।

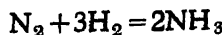
পরীক্ষা :—উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের (CuO) উপর হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে দেখা যাইবে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড লাল রূপাবে পরিণত হইয়াছে এবং নির্গমনলের গায়ে জলবিন্দু জমা হইয়াছে।

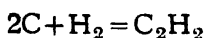
$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

কিউপ্রিক অকসাইডের ন্যায় অন্যান্য আরও অনেক ধাতব অক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা ধাতুতে পরিণত হয়।

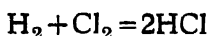
$$Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O$$

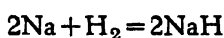
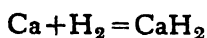
$$HgO + H_2 = Hg + H_2O \qquad PbO + H_2 = Pb + H_2O$$

৫। হাইড্রোজেন অনেক অধাতুর (নিষ্ক্রিয় গ্যাস ব্যতীত) সহিত এবং অনেক ধাতুর সহিত প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সংযুক্ত হইয়া হাইড্রাইড (hydride) গঠন করে।

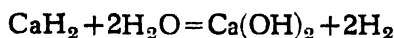
যেমন, চাপ ও তাপযোগে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন সংযুক্ত হইয়া নাইট্রোজেনের হাইড্রাইড অর্থাৎ এ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে কার্বন হাইড্রোজেন সংযুক্ত হইয়া কার্বনের হাইড্রাইড অর্থাৎ এ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে।

$$2C + H_2 = C_2H_2$$

সেইরূপ আলোকের সাহায্যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন মিলিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

সেইরূপ তাপ প্রয়োগে ক্যালসিয়াম ও সোডিয়াম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে ক্যালসিয়াম ও সোডিয়াম হাইড্রাইড গঠন করে।

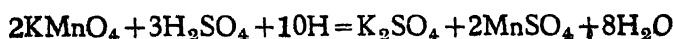
$$Ca + H_2 = CaH_2 \qquad 2Na + H_2 = 2NaH$$

এই ধাতব হাইড্রাইডগুলি জলে দিলে পুনরায় হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

$$CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$$

জায়মান হাইড্রোজেন :

(Nascent Hydrogen)

কোন যৌগিক হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন মৌল মুক্ত হইয়া পুনরায় অন্য কোন অণু গঠন না করা পর্যন্ত অবস্থাকে জায়মান অবস্থা (Nascent State) বা পারমাণবিক অবস্থা (Atomic State) বলে। এইরূপে সদ্যোৎপন্ন হাইড্রোজেনকে **জায়মান হাইড্রোজেন বা সদ্যোজাত হাইড্রোজেন** (Nascent Hydrogen) বলে। পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। এই সক্রিয়তার মূল কারণ হইল জায়মান হাইড্রোজেনের মধ্যে হাইড্রোজেন পারমাণবিক অবস্থায় থাকে।

পরীক্ষা :—একটি পরীক্ষা নলে লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডযুক্ত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ লইয়া তাহার ভিতর ক্রমাগত হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলেও দ্রবণের গোলাপী রংয়ের কোন পরিবর্তন হইবে না। এইবার আর একটি পরীক্ষা-নলে পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণ লইয়া তাহার মধ্যে কয়েক টুকরা জিংক ও লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড ঢালিলে ভুরভুর করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইবে এবং গোলাপী রংয়ের দ্রবণটি ধীরে ধীরে বর্ণহীন হইয়া যাইবে।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়।

পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের পরিবর্তে হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড

($FeCl_3$) অথবা পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণ লইয়াও অনুরূপ পরীক্ষা করা যাইতে পারে।

হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি :

(Occlusion of Hydrogen)

নিকেল (Ni), আয়রণ (Fe), কোবাল্ট (Co), প্লাটিনাম (Pt) এবং বিশেষ করিয়া প্যালেডিয়াম (Pd) ধাতু উত্তপ্ত হইলে এমনকি সাধারণ উষ্ণতাও হাইড্রোজেন শোষণ করে। ধাতুগুলিকে অধিকতর উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে শোষিত হাইড্রোজেন পুনরায় বিশুদ্ধ অবস্থায় ফিরিয়া আসে। ধাতুর এইরূপ গ্যাস শোষণ বা ধারণ করার ক্ষমতাকে বলা হয় **অন্তর্ধৃতি বা অক্লুশন** (Occlusion)। এক ঘন সেন্টিমিটার (1 c.c.) প্যালেডিয়াম ব্লাক (Palladium black) সাধারণ-উষ্ণতায় 800—900 c.c. হাইড্রোজেন শোষণ করে।

হাইড্রোজেনের ব্যবহার :

(Uses of Hydrogen)

হাইড্রোজেন সকল পদার্থ অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া ইহা বেলুন ও বায়ুযানের জন্য ব্যবহার করা হয়।

অকসিজেনের সঙ্গে মিশাইয়া "অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা" (oxy-hydrogen flame) উৎপন্ন করা হয়। অকসি-হাইড্রোজেন শিখার উষ্ণতা 2800°C থাকে। এই শিখা ধাতু গলানো ও ঝালাইয়ের কাজে ব্যবহৃত হয়। এই শিখা চুণের উপর প্রতিফলিত হইলে তীব্র আলো উৎপন্ন হয়। এই আলোককে লাইম লাইট (lime-light) বলে। কোন স্থানে বৈদ্যুতিক আলোকের অভাব হইলে তীব্র আলোকের উৎসরূপে লাইম লাইট ব্যবহার করা হয়। জৈব ও উদ্ভিদ তৈল হাইড্রোজেনের সাহায্যে জমাইয়া বনস্পতি ধরনের কৃত্রিম স্নেহ জাতীয় পদার্থ তৈয়ারী করা হয়। আমাদের দেশে বহু ব্যবহৃত "দালদা ঘি" এইভাবেই প্রস্তুত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড, মিথাইল এ্যালকোহল, কৃত্রিম পেট্রল, এ্যামোনিয়া প্রভৃতি উৎপাদনের জন্য বহু পরিমাণে হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেনের নিরীক্ষা (**Tests of Hydrogen**):—কোন বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস হাইড্রোজেন কিনা, তাহা নিম্নের পরীক্ষগুলির দ্বারা জানিতে পারা যাইবে।

১। গ্যাসটি অগ্নিস্পর্শে নীলাভ শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে,

২। দহনের ফলে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা জল এবং এই জলে লিটমাস কাগজের রং পরিবর্তন হয় না বা চুণজল ঘোলা করে না,

৩। গ্যাসটি উত্তপ্ত প্যালেডিয়াম দ্বারা সম্পূর্ণরূপে শোষিত হইয়া যাইবে এবং শোষিত হইবার পর প্যালেডিয়ামটিকে উত্তপ্ত করিলে আবার হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইবে।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. Describe the methods for the preparation of hydrogen by the action of metals upon (a) cold water, (b) steam (c) alkali and (d) dilute acid.

[ঠাণ্ডা জল, স্টীম, ক্ষার ও এ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুতের পদ্ধতি বর্ণনা কর।]

2. Describe the laboratory method in detail giving a neat sketch of the apparatus for the preparation of hydrogen. What precautions should be taken in collecting and burning the gas ?

[সুন্দর চিত্রসহ রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতের পদ্ধতিটি বর্ণনা কর। এই গ্যাসটি সংগ্রহ এবং দহনের সময় কি কি সতর্কতা অবলম্বন করিতে হয় ?]

3. Describe with a diagram how hydrogen can be prepared and collected in the laboratory from zinc and dilute sulphuric acid. Why is it that dilute and not concentrated sulphuric acid is used for preparing hydrogen from zinc ? Can any other metal be used in place of zinc ?

[রসায়নাগারে জিংক ও লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের সাহায্যে কিরূপে হাইড্রোজেন প্রস্তুত ও সংগ্রহ করিবে তাহার সচিত্র বর্ণনা দাও। জিংক হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতকালে গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু এ্যাসিড ব্যবহার করা হয় কেন ? জিংকের পরিবর্তে অন্য কোন ধাতু ব্যবহার করা যায় কি ?]

4. How is pure hydrogen prepared from ordinary zinc and dilute sulphuric acid ? What precaution should be taken in collecting and burning the gas ? What is meant by occluded hydrogen ?

[সাধারণ জিংক ও লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড হইতে কিরূপে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিবে ? এই গ্যাসটি সংগ্রহ ও দহনের সময় কি কি সাবধানতা অবলম্বন করিতে হয় ? হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি বলিতে কি বুঝ ?]

5. Describe a method for large scale production of hydrogen and state the uses of hydrogen.

[বৃহদায়তনে হাইড্রোজেন উৎপাদনের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর এবং হাইড্রোজেনের ব্যবহার উল্লেখ কর।]

6. By what metals and under what condition is water decomposed with liberation of hydrogen ? What is nascent hydrogen ?

[কি কি ধাতু দ্বারা এবং কি অবস্থায় জল বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় ? জায়মান হাইড্রোজেন কাহাকে বলে ?]

7. Name three elements with which hydrogen can be directly combined, and state the conditions under which the reaction takes place.

[তিনটি মৌলিক পদার্থের নাম কর, যাহাদের সহিত হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে এবং কি অবস্থায় রাসায়নিক ক্রিয়া হয় তাহার বর্ণনা দাও।]

8. Under what conditions do hydrogen and oxygen combine to form water ?

[কি অবস্থায় হাইড্রোজেন ও অকসিজেন সংযোগে জল উৎপন্ন হয় ?]

9. Describe experiments to prove that—

[প্রমাণের জন্য পরীক্ষাগুলি বর্ণনা কর।]

(i) Hydrogen is lighter than air

[হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হাল্কা।]

(ii) hydrogen forms an explosive mixture with oxygen.

[হাইড্রোজেন অক্সিজেন সহযোগে বিস্ফোরক তৈয়ারী করে।]

(iii) Water is formed when hydrogen burns in air.

[হাইড্রোজেন বায়ুতে দহন করিলে জল উৎপন্ন হয়।]

(iv) Nascent hydrogen is a more powerful reducing agent than ordinary hydrogen.

[সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা জায়মান হাইড্রোজেন বেশী শক্তিশালী বিজারক।]

10. What do you understand by the nascent state of an element ? How will you prove that it is very active ?

[মৌলের জায়মান অবস্থা বলিতে কি বুঝ ? কিরূপে প্রমাণ করিবে ইহা খুব সক্রিয় ?]

11. Write notes on :—(i) Occluded hydrogen and (ii) nascent hydrogen.

[টীকা লিখ :—(i) অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন এবং (ii) জায়মান হাইড্রোজেন।]

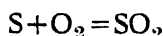
১৬

জারণ ও বিজারণ

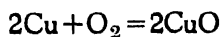
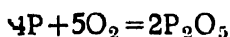
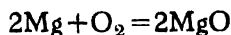
(Oxidation and Reduction)

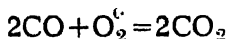
সাধারণতঃ যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটে বা কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন দূরীকৃত হয় সেই সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াকে জারণ ক্রিয়া (Oxidation) বলা হয় এবং পদার্থটিকে জারিত (Oxidised) হইয়াছে বলা হয়।

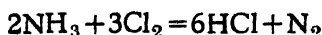
যেমন, সালফার অকসিজেন সহযোগে দহন করিলে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$S+O_2=SO_2$$

এই রাসায়নিক ক্রিয়াটি সালফারের জারণ—সালফার জারিত এবং অক্সিজেন গ্যাস ইহার জারক। সেইরূপ কার্বন, ম্যাগনেসিয়াম, ফসফরাস, কপার প্রভৃতি বায়ুতে দহন করিলে উহারা অক্সাইডে পরিণত হয় এবং বিক্রিয়াগুলিকে জারণ-ক্রিয়া বলা হয়।

$$C+O_2=CO_2 \qquad 2Mg+O_2=2MgO$$

$$4P+5O_2=2P_2O_5 \qquad 2Cu+O_2=2CuO$$

কোন যৌগিক পদার্থে অক্সিজেনের মাত্রা বৃদ্ধি পাইলেও উহাকে জারিত হইয়াছে বুঝিতে হইবে। যেমন, কার্বন মনোক্সাইড জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2CO+O_2=2CO_2$$

সেইরূপ এ্যামোনিয়া এবং ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় এ্যামোনিয়া হইতে হাইড্রোজেন দূরীকৃত হওয়ায় এ্যামোনিয়া ক্লোরিন দ্বারা জারিত হইয়াছে বলা হয়।

$$2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2$$

অনুরূপভাবে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিলে এ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হয় এবং ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। সুতরাং ইহা একটি জারণ-ক্রিয়া।

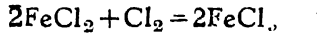
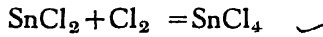
$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+2H_2O+Cl_2$$

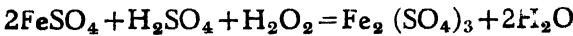
জলের তড়িৎবিশ্লেষণের সময় অক্‌সিজেন পজিটিভ (ধনাত্মক) তড়িৎদ্বারে এবং হাইড্রোজেন নেগেটিভ (ঋণাত্মক) তড়িৎদ্বারে জমা হয়। সুতরাং অক্‌সিজেন নেগেটিভ বিদ্যুৎবাহী মৌল এবং হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্য অধাতব মৌলগুলিও নেগেটিভ বিদ্যুৎবাহী। কিন্তু হাইড্রোজেন এবং ধাতব মৌলগুলি পজিটিভ বিদ্যুৎবাহী।

সুতরাং অক্‌সিজেনের সংযোগ ছাড়াও অক্‌সিজেনের ন্যায় অন্য কোন অধাতু (তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল যথা, Cl, Br, I, S; ইত্যাদি) বা তড়িৎ ঋণাত্মক মূলক (SO_4, NO_3, ইত্যাদি) যুক্ত হয় বা ইহাদের ভাগ বৃদ্ধি হয় কিংবা যৌগ হইতে হাইড্রোজেন দূরীকরণ ছাড়াও যদি যৌগ হইতে কোন ধাতু (তড়িৎ ধনাত্মক মৌল) বা তড়িৎ ধনাত্মক মূলক অপসারিত হয় বা ইহাদের ভাগ কমে সেই প্রক্রিয়াকে জারণ বলে।

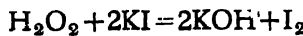
যেমন, ক্লোরিন স্ট্যানাস ক্লোরাইড ও ফেরাস ক্লোরাইডকে জারিত করিয়া যথাক্রমে স্টানিক ক্লোরাইড ও ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত করে।

$$SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$$

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

এখানে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল (electro-negative) ক্লোরিন যুক্ত হইয়াছে। হাইড্রোজেন পারঅক্‌সাইড (H_2O_2) ফেরাস সালফেটের আম্লিক (acidic) দ্রবণকে ফেরিক সালফেটে পরিণত করে।

$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2 (SO_4)_3 + 2H_2O$$

এখানে তড়িৎ ঋণাত্মক মূলক—SO_4 ভাগ বৃদ্ধি পাইয়াছে।

হাইড্রোজেন পারঅক্‌সাইড পটাশিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণ হইতে পটাশিয়াম অপসারিত করে।

$$H_2O_2 + 2KI = 2KOH + I_2$$

এখানে ধাতু (electro-positive—তড়িৎ ধনাত্মক) অপসারিত হইয়াছে।

উপরিবর্ণিত জারণ বিক্রিয়াগুলিকে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, সকল বিক্রিয়াগুলিতেই জারণের পরে, জারিত মৌলের যোজ্যতা* (valency) বৃদ্ধি ঘটিয়াছে। যেমন, জারণের পূর্বে ফেরাস ক্লোরাইডের মধ্যে Fe-এর যোজ্যতা—২, কিন্তু জারণের পরে ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হওয়ায় Fe-এর যোজ্যতা—৩। সুতরাং জারণের সংজ্ঞায় বলা যায়,

* মুক্ত অবস্থায় মৌলের যোজ্যতা শূন্য ধরা হয়।

যে **রাসায়নিক প্রক্রিয়ার** ফলে কোন মৌলে বা যৌগে—

(ক) অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয়,

(খ) তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলকের ভাগ বৃদ্ধি পায়,

(গ) হাইড্রোজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয়,

(ঘ) তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলকের ভাগ হ্রাস পায়,

এবং পরিণামে যোজ্যতার বৃদ্ধি ঘটিয়া থাকে, সেই রাসায়নিক প্রক্রিয়াকে **জারণ প্রক্রিয়া** (Oxidation) বলা হয়।

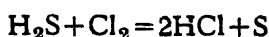
জারক পদার্থ (**Oxidising agent**) :—সাধারণতঃ যে সকল পদার্থ বিক্রিয়াকালে—অন্য পদার্থের সহিত অক্সিজেন যোগ করে বা অন্য পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন বিযুক্ত করে, অন্য পদার্থের অধাতু অংশকে বৃদ্ধি করে বা ধাতু অংশের হ্রাস করে—তাহাদের **জারক পদার্থ** (Oxidising agent) বলা হয়। অক্সিজেন, বায়ু, ওজোন (ozone—O_3), হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, নাইট্রিক এ্যাসিড, হ্যালোজেন বর্গের মৌল সমূহ, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$), পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) প্রভৃতি কতকগুলি সাধারণ জারক পদার্থ।

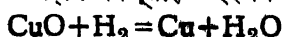
বিজারণ :

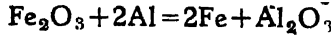
(Reduction)

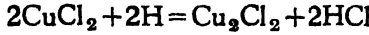
বিজারণ ক্রিয়া জারণ ক্রিয়ার বিপরীত। সাধারণতঃ যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত হয় বা কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেন দূরীকৃত হয় সেই সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াকে বিজারণ ক্রিয়া (Reduction) বলা হয় এবং পদার্থটিকে বিজারিত (reduced) হইয়াছে বলা হয়।

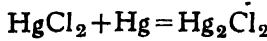
যেমন, হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস ক্লোরিন ওয়াটারের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিলে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ও সালফার উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় ক্লোরিনের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সুতরাং ক্লোরিন হাইড্রোজেন সালফাইড দ্বারা বিজারিত হইয়াছে।

$$H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$$

সেইরূপ তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া কপারে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে কপার অক্সাইড হইতে অক্সিজেন দূরীকৃত হইল।

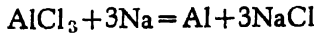
$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

অনুরূপভাবে, এ্যালুমিনিয়াম পাউডার তপ্ত আয়রণ অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় আয়রণ অক্সাইড হইতে অক্সিজেন অপসারণ করিয়া আয়রণে পরিণত করে।

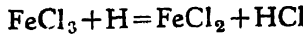
$$Fe_2O_3+2Al=2Fe+Al_2O_3$$

যে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌল যুক্ত হয় বা উহার পরিমাণ বৃদ্ধি পায় তাহাকে বিজারণ ক্রিয়া বলে। যেমন, কিউপ্রিক ক্লোরাইড জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া কিউপ্রাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে তড়িৎ ধনাত্মক মৌল কপার যুক্ত হইল।

$$2CuCl_2+2H=Cu_2Cl_2+2HCl$$

মারকিউরিক ক্লোরাইড মার্কারির সহিত উত্তপ্ত করিলে উহা বিজারিত হইয়া মারকিউরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে তড়িৎ ধনাত্মক মৌল মার্কারির পরিমাণ বৃদ্ধি পাইল।

$$HgCl_2+Hg=Hg_2Cl_2$$

আবার, যে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় অকসিজেন ব্যতীত অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল দূরীকৃত হয় বা উহার পরিমাণ হ্রাস পায় তাহাকেও বিজারণ ক্রিয়া বলা হয়। যেমন, এ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়ামের সহিত উত্তপ্ত করিলে উহা বিজারিত হইয়া এ্যালুমিনিয়ামে পরিণত হয়।

এক্ষেত্রে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিন অপসারিত হইল।

$$AlCl_3+3Na=Al+3NaCl$$

সেইরূপ, ফেরিক ক্লোরাইড জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়। এক্ষেত্রে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিনের পরিমাণ হ্রাস পাইল।

$$FeCl_3+H=FeCl_2+HCl$$

উপরিবর্ণিত বিজারণ প্রক্রিয়াগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, সকল ক্ষেত্রেই বিজারণের পরে যোজ্যতার হ্রাস হইয়াছে। যেমন, বিজারণের পূর্বে ফেরিক ক্লোরাইডের মধ্যে Fe-এর যোজ্যতা—৩ কিন্তু বিজারণের পর উৎপন্ন ফেরাস ক্লোরাইডের মধ্যে Fe-এর যোজ্যতা—২। সুতরাং বিজারণের সংজ্ঞায় বলা যায়,

যে **রাসায়নিক প্রক্রিয়ায়** ফলে কোন মৌলে বা যৌগে—

(ক) হাইড্রোজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ধণাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয়,

(খ) তড়িৎ ধণাত্মক মৌল বা মূলকের ভাগ বৃদ্ধি পায়,

(গ) অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয়;

(ঘ) তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলকের ভাগ হ্রাস পায়;

এবং পরিণামে যোজ্যতার হ্রাস ঘটিয়া থাকে সেই রাসায়নিক প্রক্রিয়াকে **বিজারণ প্রক্রিয়া** (**Reduction**) বলা হয়।

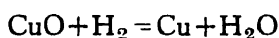
বিজারক পদার্থ (**Reducing agent**) :—সাধারণতঃ যে সকল পদার্থ বিক্রিয়াকালে অন্য পদার্থ হইতে অকসিজেন বিযুক্ত করে বা অন্য পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন সংযুক্ত করে বা অন্য পদার্থের অধাতু অংশকে হ্রাস করে বা ধাতু অংশকে বৃদ্ধি করে তাহাদিগকে **বিজারক পদার্থ** (reducing agent) বলে। হাইড্রোজেন, হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), কার্বন ও গন্ধক (উচ্চতাপে), কার্বন মনোক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, হায়ড্রিয়ডিক এ্যাসিড (HI), স্টানাস্ ক্লোরাইড ($SnCl_2$), ইত্যাদি সাধারণ বিজারক পদার্থ।

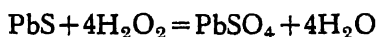
জারণ ও বিজারণ প্রক্রিয়া একই সঙ্গে ঘটে :

(Oxidation and Reduction take place simultaneously)

জারণ ও বিজারণ প্রক্রিয়া একই সঙ্গে ঘটে, বিজারণ ছাড়া জারণ ও জারণ ছাড়া বিজারণ ঘটে না। কারণ যখনই একটি পদার্থ রাসায়নিক ক্রিয়ায় জারিত হয় তখনই জারক পদার্থটি নিজে বিজারিত হইয়া যায়, আবার যখনই কোন পদার্থ বিজারিত হয় তখনই বিজারক পদার্থটি নিজেই জারিত হইয়া যায়।

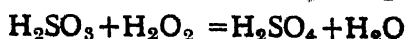
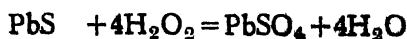
উদাহরণস্বরূপ কতকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়া আলোচনা করা যাক।

$$CuO+H_2=Cu+H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় কপার অকসাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া কপারে পরিণত হইয়াছে কিন্তু বিজারক পদার্থ হাইড্রোজেন নিজেই জারিত হইয়া জলে পরিণত হইয়াছে এবং দুইটি ক্রিয়াই একত্রে ঘটিয়াছে।

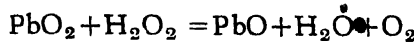
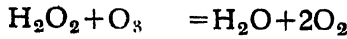
$$PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$$

এখানে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা (কাল) লেড সালফাইড জারিত হইয়া (সাদা) লেড সালফেটে পরিণত হইয়াছে কিন্তু জারক পদার্থ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নিজেই বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হইয়াছে।

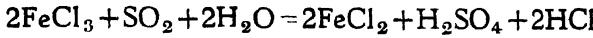
জারণ ও বিজারণ প্রক্রিয়া পদার্থের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ঘটিলেও অবস্থাভেদে বিপরীতও ঘটিয়া থাকে। কোন কোন পদার্থ, অবস্থাভেদে জারক ও বিজারক দুইটি রূপেই বিক্রিয়া করিতে পারে।

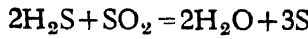
হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সাধারণতঃ জারক পদার্থরূপে বিক্রিয়া করে ; যেমন,

$$PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$$
$$H_2SO_3+H_2O_2=H_2SO_4+H_2O$$

কিন্তু কতকগুলি ক্ষেত্রে বিজারকরূপে বিক্রিয়া করে, যেমন,

$$H_2O_2+O_3 = H_2O+2O_2$$

$$PbO_2+H_2O_2 = PbO+H_2O+O_2$$

সাধারণতঃ সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) বিজারক পদার্থরূপে ক্রিয়া করে। যেমন,

$$2FeCl_3+SO_2+2H_2O = 2FeCl_2+H_2SO_4+2HCl$$

কিন্তু হাইড্রোজেন সালফাইডকে (H_2S) জারিত করিয়া সালফার বিমুক্ত করে।

$$2H_2S+SO_2 = 2H_2O+3S$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, একই পদার্থ অবস্থাবিশেষে জারণ ও বিজারণ উভয়বিধ বিক্রিয়াই করিতে পারে।

জারক ও বিজারক পদার্থের নিরীক্ষা :
(Tests of Oxidising and Reducing Agents)

কোন পদার্থ জারক বা বিজারক কোন শ্রেণীভুক্ত তাহা জানিবার জন্য নিম্নলিখিত নিরীক্ষাগুলি (tests) করা প্রয়োজন।

জারক পদার্থগুলি

১। পটাশিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণ হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে।

২। হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার বিমুক্ত করে।

৩। ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে পরিবর্তিত করে।

৪। হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড হইতে ক্লোরিন উৎপন্ন করে।

বিজারক পদার্থগুলি

১। আয়োডিন দ্রবণকে বর্ণহীন করে।

২। এ্যাসিডযুক্ত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী দ্রবণকে বর্ণহীন করে।

৩। এ্যাসিডযুক্ত পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের ($K_2Cr_2O_7$) কমলা রংয়ের দ্রবণকে সবুজ করে।

৪। ফেরিক লবণকে ফেরাস লবণে পরিবর্তিত করে।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. Explain fully the terms "Oxidation" and "Reduction". Discuss why a process of oxidation is always attended by that of reduction and *vice versa.*

["জারণ" ও "বিজারণ" সম্বন্ধে বিশদ ব্যাখ্যা কর। জারণ ও বিজারণ উভয় প্রক্রিয়াই একত্রে ঘটে আলোচনা কর।]

2. Define and illustrate Oxidising and Reducing Agents. State whether in the following equations the underlined substances are oxidising or reducing agents.

[উদাহরণসহ জারক ও বিজারক পদার্থের সংজ্ঞা দাও। নিম্নলিখিত সমীকরণে রেখা চিহ্নিত পদার্থগুলি জারক বা বিজারক পদার্থ বল।]:—

(i) $\underline{Cl_2}+2NaBr=2NaCl+Br_2$, (ii) $\underline{H_2S}+I_2=2HI+S$ (iii) $\underline{O_3}+H_2O_2=H_2O+2O_2$, (iv) $CuO+\underline{H_2}=Cu+H_2O$ (v) $MgO+\underline{CO}=Mg+CO_2$.

3. How will you determine whether a substance is an oxidising or a reducing agent ?

[একটি পদার্থ জারক বা বিজারক তাহা কিরূপে জানিবে ?]

4. 'Oxidation never takes place without reduction.' Explain.

['জারণ ক্রিয়া বিজারণ ব্যতিরেকে হয় না', ব্যাখ্যা কর।]

5. Is it necessary that an oxidising agent should contain oxygen ? Give your reasons.

[জারক পদার্থে অকসিজেন থাকা কি প্রয়োজনীয় ? কারণ নির্দেশ কর।]

6. Explain the oxidising or reducing action of the following—

[নিম্নলিখিত পদার্থগুলি জারণ বা বিজারণ ক্রিয়ার উদাহরণ দাও]—

Chlorine, Hydrogen Sulphide, Sulphur Dioxide, Nitric Acid, Stannous Chloride and Hydrogen Peroxide.

১৭

জল ও ইহার ধর্ম

(Water and its Properties)

আণবিক সংকেত—H_2O আণবিক গুরুত্ব—18

ইতিহাস (History) :—বহুকাল পর্যন্ত জলকে একটি মৌলিক পদার্থ বলিয়া অনুমান করা হইত। ১৭৮১ খৃষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিস (H. Cavendish) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে বিস্ফোরণ ঘটাইয়া জল উৎপাদন করেন এবং প্রমাণ করেন যে জল মৌলিক পদার্থ নয়। ১৭৮৩ খ্রীষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার (A. L. Lavoisier) ক্যাভের্নডিসের অনুরূপ পরীক্ষা করিয়া একই ফল পান এবং প্রমাণ করেন যে জল একটি যৌগিক পদার্থ।

অবস্থান (Occurrence) :—পৃথিবীর তিন ভাগ জল ও এক ভাগ স্থল। পৃথিবীর এই বিপুল জল পদার্থের তিনটি অবস্থাতেই পাওয়া যায়। যেমন, কঠিনরূপে—বরফ, তুষার (মেরুপ্রদেশ, সুউচ্চ পাহাড়-পর্বতে)

তরলরূপে—সাধারণ জল (নদী, খাল, বিল, সমুদ্র প্রভৃতিতে)

গ্যাসীয়রূপে—জলীয় বাষ্প (বায়ুতে)

প্রাকৃতিক জল :

(Natural water)

প্রকৃতিতে জল বিশুদ্ধরূপে পাওয়া যায় না। উৎপত্তি অনুসারে জলে বিভিন্ন কলুষ পদার্থ (impurities) মিশ্রিত থাকে। উৎস অনুযায়ী প্রাকৃতিক জলকে চারিটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

১। **সমুদ্র জল** :—ভূপৃষ্ঠের চার ভাগের তিন ভাগ স্থানই সমুদ্র-জলে পূর্ণ। বৃষ্টির জল, নদীর জল প্রভৃতির উৎস হইল সমুদ্র। সমুদ্র জলে নানা প্রকার ধাতব লবণ (কলুষ পদার্থ হিসাবে) বর্তমান থাকে। এই ধাতব লবণের মধ্যে প্রধান হইল আমরা যে লবণ খাইয়া থাকি অর্থাৎ সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)। ইহা ছাড়া সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম, ও ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর ক্লোরাইড, ব্রোমাইড, আয়োডাইড, কার্বনেট, সালফেট লবণও পাওয়া যায়। সমুদ্র-জলে ধাতব-লবণের পরিমাণ 3·6% ; ইহার মধ্যে সাধারণ লবণের পরিমাণ 2·6%। সেইজন্য সমুদ্র জলের স্বাদ লবণাক্ত ও অপেয়।

২। **বৃষ্টির জল** :—সমুদ্র, নদ-নদী হইতে সূর্যতাপে জল বাষ্পীভূত হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায় এবং বায়ুমণ্ডলে শীতল হইয়া জলীয় বাষ্প বৃষ্টিরূপে পতিত হয়। শীতল দেশে জল তুষাররূপে পতিত হয় এবং বরফরূপে জমিয়া থাকে। বৃষ্টি স্বাভাবিক ভাবে পাতিত জল। কিন্তু সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। কারণ বায়ুমণ্ডলে ধূলা-বালি, কার্বন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেনের অক্সাইড, এ্যামোনিয়া এবং সহরের বায়ুতে সালফিউরিক এ্যাসিড ও আরও নানা প্রকারের গ্যাস ভাসমান অবস্থায় থাকে। এই সকল গ্যাস ও নানা প্রকার ময়লা বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় বলিয়া বৃষ্টির জল সাধারণতঃ বিশুদ্ধ নয়। কিন্তু কয়েক পশলা বৃষ্টির পর যে জল পাওয়া যায় তাহা অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ।

৩। **ঝরণা ও কূপজল** :—বৃষ্টির জলের কতকাংশ ভূপৃষ্ঠের ফাটলের মধ্য দিয়া অভ্যন্তরে প্রবেশ করে। এই জল পাথর, কাঁকর, বালিমাটি প্রভৃতি বিভিন্ন স্তরের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় স্বাভাবিকভাবে পরিস্রুত হয় এবং অন্য স্তর দিয়া বাহির হইয়া ঝরণা বা কূপ সৃষ্টি করে। সেইজন্য ঝরণা বা কূপজলে কোন ভাসমান (suspended) ময়লা থাকে না। কিন্তু ইহাতে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম, পটাশিয়াম, আয়রণ প্রভৃতি ধাতব লবণ ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত থাকে। কোন কোন প্রস্রবণের জল যেমন ভারতের রাজগীর, সীতাকুণ্ড প্রভৃতি অঞ্চলের জল উষ্ণ ও উহাতে প্রভূত পরিমাণে গ্যাসীয় পদার্থ—যথা, হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকে।

৪। **নদীর জল** :—পর্বতের বরফ-গলা জল বৃষ্টির জল হইতেই নদ-নদীর উৎপত্তি। ঝরণার জলও নদীতে মিশে। ভূপৃষ্ঠের উপর দিয়া প্রবাহিত হয় বলিয়া নদীর জলে কাদামাটি, উদ্ভিদাদি ভাসমান থাকে এবং অন্যান্য জৈব ও অজৈব পদার্থও দ্রবীভূত থাকে। নদীর জলে নানা প্রকার রোগের বীজাণুও মিশ্রিতথাকে।

জলে দ্রবীভূত পদার্থ ও ইহাদের রোগ নিরাময়ক গুণ :
(Dissolved substance in Water and their Biological significance)

কলুষ পদার্থের (impurities) প্রভৃতি ভেদে জলকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—**খনিজ-জল** (mineral water) ও **স্বাদুজল** (fresh water)। যে সকল প্রস্রবণের জলে অতিরিক্ত কঠিন ও গ্যাসীয় পদার্থ বর্তমান থাকে, ঐ জলকে খনিজ জল বলা হয় এবং যে জলে অল্প পরিমাণ কলুষ পদার্থ থাকে সেই জলকে স্বাদুজল বলা হয়।

খনিজ জলে কতকগুলি বিশিষ্ট পদার্থের জন্য বিভিন্ন স্বাদ ও বিভিন্ন রোগ নিরাময়ক গুণের উৎপত্তি হয়। যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবীভূত থাকিলে খনিজ জলের স্বাদ লবণাক্ত, সোডিয়াম বাইকার্বনেট দ্রবীভূত থাকিলে ক্ষার স্বাদ এবং ইহা বাত নিরাময়ক, ম্যাগনেসিয়াম সালফেটযুক্ত জলে তিক্ত স্বাদ উৎপন্ন হয় এবং ইহা জোলাপরূপে ব্যবহৃত হয়, কার্বন ডাই-অকসাইড গ্যাস দ্রবীভূত থাকিলে জলের অম্লস্বাদ উৎপন্ন হয় এবং ইহা হজমের পক্ষে উপকারী। হাইড্রোজেন সালফাইড ও সোডিয়াম সালফাইডযুক্ত জল যকৃতের রোগ নিরাময়ক। এইরূপে জলে সিলিকেট লবণ দ্রবীভূত থাকিলে বিশেষ স্বাদ উৎপন্ন করে। এইরূপ খনিজ জল পান করা বা ইহাতে স্নান করা স্বাস্থ্যের পক্ষে কল্যাণকর। সোডা-ওয়াটার, লিমোনেড ইত্যাদিও কৃত্রিম খনিজ-জল। ইহাদের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট মিশ্রিত থাকে।

স্বাদু জলে খুব কম লবণ দ্রবীভূত থাকে। ভুবনেশ্বর, রাজগীর, সীতাকুণ্ড প্রভৃতি স্থানের জল পান করিলে রোগ নিরাময় হয়।

পানীয় জল ও ইহার প্রস্তুতি ঃ
(Drinking Water and its Preparation)

পানীয় জল রাসায়নিক অর্থে বিশুদ্ধ জল নহে। রাসায়নিক মতে একমাত্র পাতিত জলই বিশুদ্ধ। কিন্তু বিশুদ্ধ জল স্বাদহীন বলিয়া পান করা যায় না। পানীয় জলের বিশেষ কতকগুলি ধর্ম থাকা প্রয়োজন। যেমন, ইহা স্বচ্ছ ও বর্ণহীন, জৈব পদার্থমুক্ত এবং জীবাণুমুক্ত হওয়া অবশ্য প্রয়োজন এবং ইহাতে সুস্বাদ থাকা একান্ত প্রয়োজন। এই স্বাদের জন্যই পানীয় জলে অল্প পরিমাণ কতকগুলি লবণ দ্রবীভূত থাকা অবশ্য প্রয়োজন। জলে দ্রবীভূত পদার্থের গুণাগুণের উপর আমাদের স্বাস্থ্যের অনেকখানি নির্ভর করে। অধিকাংশ প্রাকৃতিক জলই শোধন (purified) করিয়া পানোপযোগী করা হয়। এই শোধনের কার্য দুইটি অংশে বিভক্ত। যথা—(১) ভাসমান কলুষ পদার্থ দূরীভূত করা (removal of suspended impurities), (২) জীবাণুমুক্ত করা (sterilisation)।

পানীয় জলের শোধন প্রণালী ঃ
(Methods of Purification of Drinking Water)

গ্রামাঞ্চলে যে সকল স্থানে আধুনিক পন্থায় শোধিত জলের সরবরাহ হয় না সেই সকল স্থানে কলস প্রণালী (Pitcher method) দ্বারা জল শোধন করা হয়।

এই প্রণালীটিতে, প্রথমে নদী বা পুকুরের জল ফটকিরি মিশাইয়া ফুটাইয়া লওয়া হয়। জল ফুটাইবার ফলে জীবাণু মরিয়া যায় এবং ফটকিরি মিশাইবার ফলে ভাসমান কলুষ-পদার্থ (suspended impurities) থিতাইয়া পড়ে। এখন পর পর চারিটি মাটির কলসী সজ্জিত করা হয়। সকলের নীচে কলসীটি ছাডা তিনটি কলসীরই নীচে একটি করিয়া ছোট ছিদ্র থাকে। ফটকিরি মিশ্রিত জল প্রথম কলসীতে ঢালা হয়। দ্বিতীয় কলসীটি অর্ধেক কাঠকয়লা দ্বারা পূর্ণ থাকে এবং তৃতীয় কলসীটিব ভিতর কিছু কাঁকর এবং উপরে বালু ভরা থাকে। অপরিস্কৃত জলটি প্রথমটি হইতে দ্বিতীব এবং দ্বিতীয হইতে তৃতীয় কলসীতে আসিবার সময় ভাসমান কলুষ পদার্থমুক্ত ও জীবাণুমুক্ত হইয়া চতুর্থ কলসীতে পানোপযোগী রূপে সঞ্চিত হয়।

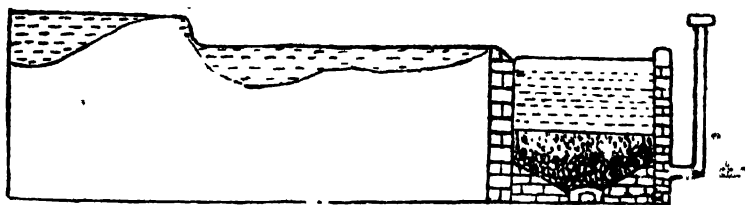
গ্রামে পানীয় জলের শোধন প্রণালী

আজকাল সহরে বা গ্রামাঞ্চলে পানীয় জলের জন্য নলকূপের (tube well) ব্যাপক প্রচলন আছে। পাথর, কাঁকর ও বালিমাটিব মধ্য দিয়া বৃষ্টির জল ভূগর্ভের বিভিন্ন স্তরে জমা হয় বলিয়া এই জলে ভাসমান ময়লা বা জীবাণু থাকে না। কিন্তু এই জলে নানারূপ খনিজ পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। সেইজন্য নলকূপের জলে এক রকম স্বাদ পাওয়া যায়। এই জল স্বচ্ছ, জীবাণুমুক্ত পানোপযোগী এবং স্বাস্থ্যের পক্ষে উপকারী কিন্তু বিশুদ্ধ নয়।

বড বড শিল্পাঞ্চল ও সহরগুলিতে যেখানে বহুলোক একত্রে বাস করে, সেখানে নাগরিকদের স্বাস্থ্যরক্ষার জন্য বিশুদ্ধ জল প্রচুর পরিমাণে সরববাহ করা প্রয়োজন। বড বড নগরে জল সরবরাহের ভার পৌর প্রতিষ্ঠানের (corporation) উপর ন্যস্ত থাকে এবং ছোট সহরগুলিতে বিভিন্ন জনসংস্থা (municipality) এই কার্যের ভার গ্রহণ করিয়া থাকে।

শহরের শোধিত পানীয় জলের জন্য, প্রথমতঃ কোন নিকটবর্তী নদী বা খাল হইতে প্রচুর জল পাম্প করিয়া লোহার নল দিয়া কতকগুলি বৃহৎ আধারে সঞ্চয় করা হয়। অনেক সময় আধারে জল সঞ্চয় করিবার পুর্বে আধারের মধ্যে লৌহজালে বদ্ধ বড বড় ফটকিরির খণ্ডের (block) মধ্য দিয়া জল প্রবাহিত

করা হয়। ফলে অদ্রাব্য গুরুভার কাদামাটি, বালি প্রভৃতি কলুষ পদার্থের অনেকাংশ নীচে থিতাইয়া পড়ে এবং উপরের জলটি অনেকাংশে স্বচ্ছ হইয়া যায়। এই আধারগুলিকে **স্থিতাধার** (settling tanks) বলে। এই, আধারগুলি ইষ্টক দ্বারা নির্মিত এবং এইগুলি একটির নীচে আরেকটি এমনভাবে নির্মিত হয়, যেন প্রথম আধারটি পূর্ণ হইলে জল উপচাইয়া দ্বিতীয় আধারে, দ্বিতীয়টি উপচাইয়া তৃতীয়ে ও এরূপভাবে চলিতে থাকে। শেষ স্থিতাধার হইতে জলকে পাম্পের সাহায্যে চাপ দিয়া দ্বিতীয় প্রকার উন্মুক্ত আধারে লওয়া হয়। এই উন্মুক্ত আধারকে **পরিস্রুত আধার** (**Filter beds**) বলে।

এই পরিস্রুত আধারগুলি অগভীর এবং ইষ্টক দ্বারা নির্মিত। এই আধারগুলি স্থিতাধারের ন্যায় একটির উপরে আরেকটি অনুরূপভাবে সজ্জিত থাকে। এই আধারগুলিতে আলগা ইষ্টকের উপর তিনটি স্তর থাকে। নীচে পাথরের নুড়ির (gravel) স্তর, মধ্যে মোটা বালির স্তর ও উপরে মিহি বালির স্তর থাকে। এইগুলির উপর হইতে অস্বচ্ছ ও অশোধিত জল প্রবেশ করিয়া, স্তরগুলির মধ্যে দিয়া যাইবার কালে পরিস্রুত ও ভাসমান

শহরে পানীয় জলের শোধন প্রণালী

কলুষপদার্থ মুক্ত হইয়া থাকে। পরিস্রুত আধারগুলির নিম্নদেশের ঢালু নালী দিয়া শোধিত জল বাহির হইয়া আসে। এই শোধিত জল স্বচ্ছ ও ভাসমান কলুষ পদার্থ হইতে মুক্ত হইলেও, ইহা সম্পূর্ণ জীবাণুমুক্ত নয় বলিয়া, পানোপযোগী নয়। তখন পরিস্রুত জলকে পাম্প করিয়া নিম্নলিখিত যে-কোন উপায়ে জীবাণুমুক্ত (sterlisation) করা হয়।

১। ফটকিরি, চুণ, সোডিয়াম কার্বনেট প্রভৃতি ব্যবহার করিয়া অশোধিত জলকে জীবাণুমুক্ত ও পরিষ্কৃত করা হয়।

২। জলকে ফুটাইয়া ও জীবাণুমুক্ত করা যায় কিন্তু বড় বড় শহরে লক্ষ লক্ষ গ্যালন জল দৈনিক এই উপায়ে শোধন করা অসম্ভব। উপরন্তু জলকে ফুটাইলে জল বিস্বাদ হইয়া যায়।

৩। ওজোন (Ozone), বায়ু, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, ক্লোরিন, ব্লিচিং পাউডার প্রভৃতি জারক পদার্থ ব্যবহার করিয়া জলের বীজাণু ও জৈবপদার্থগুলির জারণ ঘটাইয়া, জল জীবাণুশূন্য করা যায়। এই জারক পদার্থগুলির মধ্যে ওজোনের ব্যবহার সর্বাপেক্ষা সুবিধাজনক হইলেও উহা ব্যয়সাধ্য। সেইজন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রে ক্লোরিন ও ব্লিচিং পাউডারের ব্যবহার বেশী হয়। ক্লোরিন দ্বারা জল শোধিত করিলে, পরে অতিরিক্ত ক্লোরিন দূরীভূত করার জন্য সালফাইট জাতীয় ক্লোরিন ধ্বংসী (antichlor) যোগ করা হয়। কারণ অতিরিক্ত ক্লোরিনযুক্ত পানীয় জল ক্ষতিকর।

৪। আধুনিক প্রণালীতে আলট্রা-ভায়োলেট রশ্মি (ultra-violet rays) ব্যবহার করা হয়।

এই বিশুদ্ধ পানোপযোগী জল শহরের মধ্যবর্তী কোন স্থানে একটি উচ্চ আধারে সঞ্চিত করা হয় এবং ঐ উচ্চ আধার হইতে প্রয়োজনমত, মাটির নীচে পাইপের সাহায্যে শহরে বিভিন্ন স্থানে জল সরবরাহ করা হয়।

কলিকাতা শহরে পানীয় জলের জন্য গঙ্গানদীর জলকে কলিকাতা শহরের নিকটবর্তী ফলতায় পরিশোধন করা হয় এবং শহরে জল সরবরাহের জন্য টালার ট্যাঙ্কে পরিশোধিত জল সঞ্চিত করা হয়। পরিস্রুত আধারের বালি ও নুড়ি মাঝে মাঝে পাল্টাইয়া আধারটিকে পরিষ্কার করা হয়।

খর জল ও মৃদু জল :
(Hard Water and Soft Water)

কোন কোন জলে অল্প সাবান ঘসিলেই সহজে ফেনা তৈয়ারী হয় আবার কোন কোন জলে অনেকক্ষণ সাবান ঘসিলেও ফেনা উৎপন্ন হয় না।

যে জলে অল্প সাবান খরচ করিলে সহজে ফেনা (lather) তৈয়ারী হয় তাহাকে মৃদু জল (soft water) বলে এবং যে জলে অনেক সাবান খরচ করিবার পর ফেনা উৎপন্ন হয় তাহাকে খর জল (hard water) বলে।

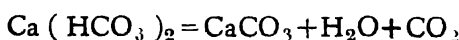
প্রাকৃতিক জলে কতকগুলি অনুদ্বায়ী (non-volatile) ধাতব লবণ দ্রবীভূত থাকে। এই দ্রাব্য ধাতব লবণগুলি হইল, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম সালফেট এবং আয়রণ ঘটিত লবণ। এই দ্রাব্য ধাতব লবণগুলির জন্যই জল খর হয়।

জলের খরতা দুইরকম—**অস্থায়ী খরতা** (temporary hardness) ও **স্থায়ী খরতা** (permanent hardness)। যে জলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট দ্রবীভূত থাকে সেই জলের খরতা অস্থায়ী। কারণ বাইকার্বনেট লবণগুলি জলে দ্রাব্য কিন্তু ইহাদের কার্বনেটগুলি জলে অদ্রাব্য। সুতরাং সহজ প্রক্রিয়ার দ্বারা জলে দ্রাব্য বাইকার্বনেট লবণকে অদ্রাব্য কার্বনেটে পরিণত করিতে পারিলেই জলের খরতা দূরীভূত হইবে। কিন্তু ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের সালফেট বা ক্লোরাইড বা উভয়ই জলে দ্রবীভূত থাকিলে জলের খরতা স্থায়ী হয়। কারণ এই লবণগুলি জলে দ্রাব্য। রাসায়নিক প্রক্রিয়া ব্যতীত এই লবণগুলিকে অদ্রাব্য লবণে পরিণত করা যায় না।

খরতা দূরীকরণ ঃ
(Removal of Hardness)

জলের খরতা দূরীকরণের জন্য বিভিন্ন প্রণালী অনুসরণ করা যায়। **অস্থায়ী খরতা দূর করিবার জন্য** নিম্নের যে-কোন একটি প্রণালী অবলম্বন করা যায়।

১। **স্ফুটন** ঃ—খর জলকে ফুটাইলে দ্রাব্য বাইকার্বনেট অদ্রাব্য কার্বনেটে পরিণত হয় ও থিতাইয়া পড়ে। এই জলকে পরিস্রুত (Filter) করিয়া লইলে স্বচ্ছ মৃদুজল পাওয়া যায়।

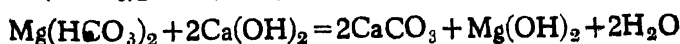
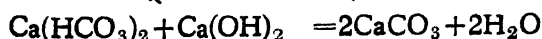
$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

(ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট) (ক্যালসিয়াম কার্বনেট)

$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

(দ্রাব্য) (অদ্রাব্য)

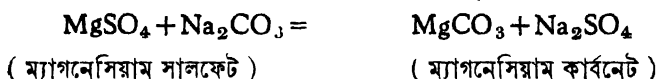
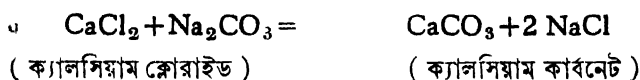
২। **ক্লার্ক প্রণালী** (Clark's Process) ঃ—এই প্রণালীতে খরজলের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুণ [$Ca(OH)_2$] মিশাইলে দ্রাব্য বাইকার্বনেট অদ্রাব্য কার্বনেটে পরিণত হয় ও অধঃক্ষিপ্ত হয়। জলকে পরিস্রুত করিলেই মৃদু জল পাওয়া যায়। এই প্রণালীতে চুণ খুব সাবধানে মিশাইতে হয় কারণ প্রয়োজনের অধিক চুণ মিশাইলে খরতা দূর না হইয়া বৃদ্ধি পায়।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$

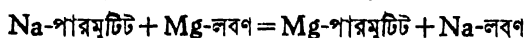
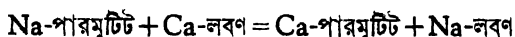
$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O$$

স্থায়ী খরতা দূর করিবার জন্য নিম্নের প্রণালীগুলি অবলম্বন করিতে পারা যায়।

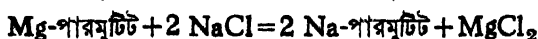
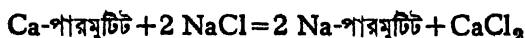
৩। **সোডা প্রণালী** (**Soda Process**) :—স্থায়ী খর জলে কাপড় কাচার সোডা (Na_2CO_3) দিয়া ফুটাইলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড বা সালফেট অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হইয়া অধঃক্ষীপ্ত হয়।

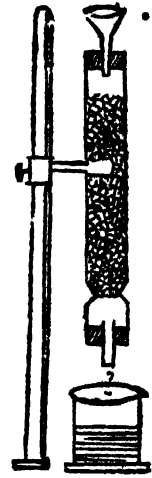
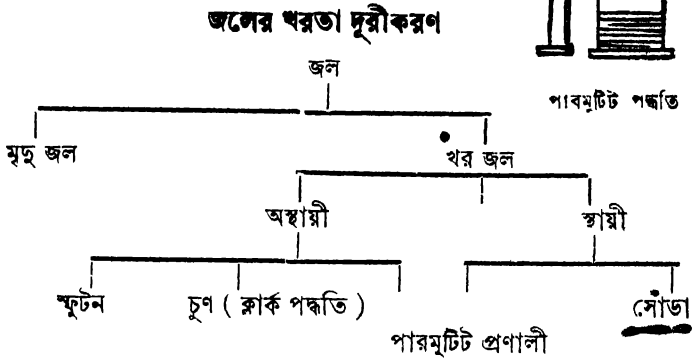
$CaCl_2 + Na_2CO_3 =$ $CaCO_3 + 2\ NaCl$
(ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড) (ক্যালসিয়াম কার্বনেট)

$MgSO_4 + Na_2CO_3 =$ $MgCO_3 + Na_2SO_4$
(ম্যাগনেসিয়াম সালফেট) (ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট)

৪। **পারমুটিট প্রণালী** (**Permutit Process**) :—এই প্রণালীতে স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয় প্রকার খরতাই দূর করা যায়। এই প্রণালীটি বৈজ্ঞানিক গ্যান (Gan) কর্তৃক আবিষ্কৃত হয়।

জিওলাইট (zeolite) নামক এক প্রকার খনিজ পদার্থ পাওয়া যায়। ইহা দেখিতে সাধারণ মাটির মত এবং আর্দ্র সোডিয়াম ও এ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট লবণ দ্বারা গঠিত হয়। কৃত্রিম উপায়েও পারমুটিট গঠিত করা হয়। ইংরাজিতে পারমুটিট শব্দটির অর্থ 'বিনিময়'; কারণ ইহা নিজের সোডিয়াম খর জলের ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে বিনিময় করিতে পারে। সেইজন্য পারমুটিটের মধ্য দিয়া খর জল চালনা করিলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণগুলি অদ্রাব্য পারমুটিট লবণে পরিণত হইয়া পারমুটিটের মধ্যে থাকিয়া যায় এবং পরিশিষ্ট জল সোডিয়াম লবণযুক্ত হইয়া মৃদু জলে পরিণত হয়।

Na-পারমুটিট + Ca-লবণ = Ca-পারমুটিট + Na-লবণ
Na-পারমুটিট + Mg-লবণ = Mg-পারমুটিট + Na-লবণ

এই ভাবে বহুবার পারমুটিট ব্যবহার করিলে সমস্ত সোডিয়াম পারমুটিট ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণে পরিণত হয়। তখন ইহার ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে লবণজল (10% NaCl) প্রবাহিত করানো হয়। ইহাতে সোডিয়াম পারমুটিট পুনর্গঠিত হইয়া কার্যক্ষম হয়।

Ca-পারমুটিট + 2 NaCl = 2 Na-পারমুটিট + $CaCl_2$
Mg-পারমুটিট + 2 NaCl = 2 Na-পারমুটিট + $MgCl_2$

পারমুটিট প্রণালীতে খর জলকে মৃদু করার জন্য একটি বিশেষ ধরণের যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রটি হইল একটি প্রকাণ্ড খাড়া চোঙাকৃতি পাত্র। এই পাত্রের মধ্যে একটি পারমুটিটের স্তর থাকে এবং ইহার উপরে ও নীচে নুড়ির স্তর থাকে। উপর হইতে খর জল যন্ত্রে ঢালা হয় এবং পারমুটিট স্তরের মধ্য দিয়া এই জল যাইবার সময় মৃদু হইয়া নিম্নে রক্ষিত গ্রাহকপাত্রে জমা হয়। নির্দিষ্ট সময় পরপর খরজল চালনা বন্ধ করিয়া উল্টাদিক হইতে দুই একমিনিট মৃদু জল চালনা করিয়া 10% NaCl দ্রবণ ধীরে ধীরে চালনা করা হয়। ইহাতে পারমুটিট পুনরায় ব্যবহার যোগ্য হয়।

জলের খরতা দূরীকরণ

পারমুটিট পদ্ধতি

খর জল ও মৃদু জল ব্যবহারের পার্থক্য :—

১। বয়লারে খর জলের পরিবর্তে মৃদুজল ব্যবহার করা হয়। কারণ খরজল ব্যবহার করিলে বয়লারের গায়ে ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) ও ক্যালসিয়াম কার্বনেটের আস্তরণ পড়ে। ইহাকে বয়লারের আঁশ (Boiler scale) বলে। ইহা তাপের কুপরিবাহী। ফলে বয়লারে বেশী তাপ সৃষ্টির জন্য খরচ বাড়িয়া যায় এবং বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে।

২। ধৌত কার্যে খর জলের পরিবর্তে মৃদু জল ব্যবহার করিলে অল্প সাবানে ধৌত কার্য সম্পন্ন হয়। সেইজন্য লণ্ড্রিতে (Laundry) মৃদুজল ব্যবহার করা হয়।

৩। রন্ধনকার্য্যে খর জলের পরিবর্তে মৃদুজল ব্যবহার করা হয়। কারণ জল অধিক খর হইলে খাদ্যদ্রব্য সহজে সিদ্ধ হয় না।

৪। পানীয় জল হিসাবে খর জল অধিক উপকারী। কারণ মৃদু জলের তুলনায় খর জলে যে দ্রাব্য লবণগুলি থাকে, উহা দেহ গঠনে বিশেষ উপকারী।

৫। মৃদু জল লেড দ্রবীভূত করে সুতরাং লেড নির্মিত সরবরাহ পাইপের মধ্য দিয়া মৃদু জল চালনা করিলে জল বিষাক্ত হইয়া যায়। কিন্তু খর জল চালনা করিলে ইহার সম্ভাবনা কম।

৬। কাগজ, কৃত্রিম রেশম, রঞ্জন প্রভৃতি রাসায়নিক শিল্পে মৃদু জল ব্যবহৃত হয়।

জলের ধর্ম :

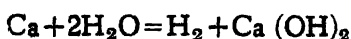
(Properties of water)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :—বিশুদ্ধ অবস্থায় এবং সাধারণ উষ্ণতায় জল বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন তরল পদার্থ। কিন্তু গভীর স্তরে জলের বর্ণ নীলাভ-সবুজ দেখায়। জল উদ্বায়ী তরল পদার্থ এবং সকল উষ্ণতায়ই জল বাষ্পে পরিণত হয়। উত্তাপ সহযোগে বিশুদ্ধ জলকে বাষ্পে পরিণত করিলে অবশেষরূপে কিছুই থাকে না; জলের হিমাংক 0°C এবং স্ফুটনাংক 100°C। 4°C উষ্ণতায় বিশুদ্ধ জলের ঘনত্ব—1। জলকে 4°C উপর গরম করিলে কিংবা 4°C নীচে শীতল করিলে জলের আয়তন বাড়ে। জল তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহী নহে। জল একটি উৎকৃষ্ট দ্রাবক। বহু পদার্থ যেমন, সকল রকম এ্যাসিড, ক্ষার ও বহু রকমের লবণ ও গ্যাস বিভিন্ন উষ্ণতায় জলে দ্রবীভূত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :—জল একটি নিরপেক্ষ বা প্রশম অক্সাইড (neutral oxide); সুতরাং নীল বা লাল লিটমাস উভয়ের উপরই জলের কোন ক্রিয়া নাই।

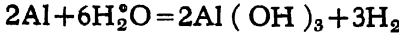
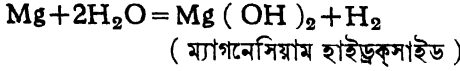
ধাতুর উপর জলের প্রক্রিয়া (Action of water on metals):—পটাশিয়াম, সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম ধাতু জলের সংস্পর্শে আসিলে জলের অণু ভাঙ্গিয়া ধাতব ক্ষার ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। পটাশিয়ামের সহিত জলের রাসায়নিক বিক্রিয়া এত তীব্রভাবে ঘটে যে জলের মধ্যে এক টুকরা পটাশিয়াম ফেলিয়া দেওয়ার সঙ্গে সঙ্গে জল হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠে।

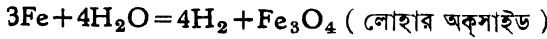
$$2K + 2H_2O = H_2 + 2KOH$$ (পটাশিয়াম ক্ষার)

$$Ca + 2H_2O = H_2 + Ca(OH)_2$$

সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত ম্যাগনেসিয়াম বা এ্যালুমিনিয়ামের কোন বিক্রিয়া নাই। কিন্তু ফুটন্ত জলে ম্যাগনেসিয়াম বা এ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ফেলিয়া দিলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া ধাতব হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$Mg+2H_2O=Mg(OH)_2+H_2$$

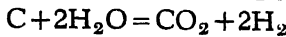
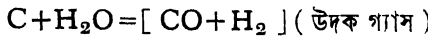
(ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড)

$$2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2$$

লোহিত তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম কিংবা লৌহচূর্ণের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করিলে ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

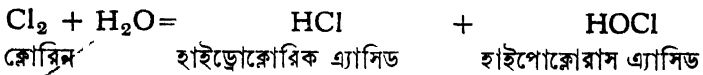
$$3Fe+4H_2O=4H_2+Fe_3O_4$$ (লোহার অক্সাইড)

পারদ, সোনা, রূপা, প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতু ঠাণ্ডায় বা উষ্ণতায় কোন অবস্থায়ই জলের সহিত ক্রিয়া করে না।

অধাতুর উপর জলের প্রক্রিয়া (Action of water on non-metals) :—কার্বন, সালফার, ফসফরাস প্রভৃতি অধাতু জলে অদ্রাব্য এবং সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত ক্রিয়াহীন। কিন্তু লোহিত তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া স্টীম প্রবাহিত করিলে জল ভাঙ্গিয়া হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস এবং সামান্য পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড উভয়ই গ্যাস এবং উভয়ই দহনশীল। সেইজন্য এই মিশ্র গ্যাস শিল্পে জ্বালানীরূপে ব্যবহার করা হয়। ইহাকে **উদক গ্যাস** (water gas) বলে।

$$C+H_2O=[CO+H_2]$$ (উদক গ্যাস)

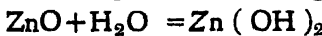
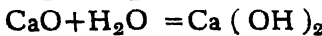
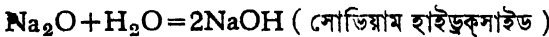
$$C+2H_2O=CO_2+2H_2$$

ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন জলের সহিত বিক্রিয়ায় দুইটি এ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$Cl_2+H_2O=HCl+HOCl$$

ক্লোরিন — হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড — হাইপোক্লোরাস এ্যাসিড

ধাতব অক্সাইডের উপর জলের প্রক্রিয়া (Action of water on metallic oxide) :—পটাশিয়াম, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, জিংক প্রভৃতি ধাতব অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে এবং ধাতুর ন্যায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় না।

$$Na_2O+H_2O=2NaOH$$ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড)

$$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

$$ZnO+H_2O=Zn(OH)_2$$

এই সকল ধাতব হাইড্রক্সাইড ক্ষারজাতীয় পদার্থ। সুতরাং ইহারা লাল লিটমাস কাগজকে নীল করে।

অধাতব অক্সাইডের উপর জলের প্রক্রিয়া (**Action of water on non-metallic oxide**) : –সালফার, ফসফরাস, কার্বন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি অধাতুর অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ গ্যাস। ইহারা জলে দ্রবীভূত হইয়া এ্যাসিড উৎপন্ন করে। সুতরাং এই গ্যাস মিশ্রিত জলে নীল লিটমাস কাগজ দিলে লাল হইয়া যায়।

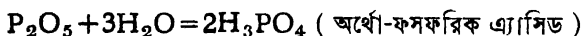
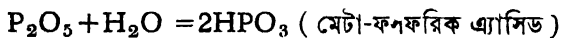
$SO_2+H_2O = H_2SO_3$ (সালফিউরাস এ্যাসিড)

$SO_3+H_2O = H_2SO_4$ (সালফিউরিক এ্যাসিড)

$P_2O_5+H_2O = 2HPO_3$ (মেটা-ফসফরিক এ্যাসিড)

$P_2O_5+3H_2O = 2H_3PO_4$ (অর্থো-ফসফরিক এ্যাসিড)

$CO_2+H_2O = H_2CO_3$ (কার্বনিক এ্যাসিড)

$N_2O_5+H_2O = 2HNO_3$ (নাইট্রিক এ্যাসিড)

যে সকল অধাতুর অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় এ্যাসিড উৎপন্ন করে, তাহাদের **নিরুদক** (anhydride) বলা হয়।

জলের ব্যবহার (**Uses of Water**) :—জলের প্রধান ব্যবহার পানীয়রূপে এবং কৃষিক্ষেত্রে সেচরূপে। ইহা ছাড়া জল ধৌতকার্য্যে, ফোটোগ্রাফি ও ঔষধকার্য্যে ব্যবহৃত হয়। বয়লার চালনার জন্য, রাসায়নিক কারখানায় যন্ত্রপাতি চালনা ও শীতলীকরণের কার্যে, রাসায়নিক পরীক্ষাগারে, এবং দ্রাবকরূপে জল প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

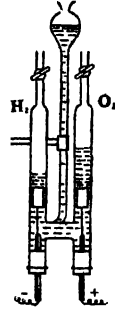
জলের আয়তনিক গঠন :

(Volumetric Composition of Water)

জল মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত একটি তরল যৌগিক পদার্থ। সেইজন্য ইহাকে রাসায়নিক অর্থে হাইড্রোজেনের অক্সাইড বলা হয়। আয়তন হিসাবে কত পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন জলে আছে তাহা নির্ণয়ের জন্য দুইটি প্রণালী অবলম্বন করা হয়। একটি প্রণালীতে জলের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিয়া জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া উৎপন্ন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মাপা হয়, ইহাকে **বিশ্লেষণ বা বিযুক্তি প্রণালী** (**Analytical Process**) বলে। অপরটিতে নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মধ্যে মিলন ঘটাইয়া জল উৎপন্ন করা হয় ইহাকে **সংশ্লেষণ বা সংযুক্তি প্রণালী** (**Synthetic Process**) বলে।

জলের বিশ্লেষণ প্রণালী :

(Analytical Process of Water)

এই প্রণালীতে একটি ভল্টামিটার লওয়া হয়। এই যন্ত্রে তিনটি নল থাকে এবং উহারা পরস্পর নীচের দিকে সংযুক্ত থাকে। পার্শ্বনল দুইটি অংশাঙ্কিত করা থাকে এবং উহাদের উপরের মুখটি স্টপ-কক্ (stop-cock) দ্বারা আঁটা থাকে। মধ্যস্থলের নলটি অপেক্ষাকৃত বড় এবং উপরের মুখটি দীর্ঘ নলের (thistle funnel) মত। পার্শ্বনল দুইটির নীচের দিক দুইটি ছিদ্রযুক্ত কর্ক দ্বারা আঁটা থাকে। এই কর্ক দুইটির ভিতর দিয়া দুইটি প্লাটিনামের পাত নল দুইটিতে প্রবেশ করান থাকে।

ভল্টামিটার দ্বারা পরীক্ষা

এখন স্টপ-কক্ দুইটি এবং নীচের কর্ক দুইটি ভালভাবে আঁটিয়া মধ্যস্থলের নলটিতে বিশুদ্ধ জল ঢালা হয়। পার্শ্বনল দুইটি সম্পূর্ণ জলপূর্ণ হইয়া গেলে জলের মধ্যে কয়েক ফোঁটা সালফিউরিক এ্যাসিড মিশ্রিত করা হয় [কারণ বিশুদ্ধ জল তড়িৎ অপরিবাহী]। এইবার প্লাটিনামের পাত দুইটি ব্যাটারীর দুই প্রান্তে সংযোগ করিলে জলের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইতে থাকিবে। ফলে জল বিশ্লেষিত হইয়া দুই রকম গ্যাসে পরিণত হইবে। উৎপন্ন গ্যাস দুইটি জল অপসারণ করিয়া পার্শ্বনল দুইটিতে সঞ্চিত হইবে। কিছু পরিমাণ গ্যাস সংগৃহীত হইবার পর বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল। দেখা গেল তড়িৎ ঋণাত্মক মেরুতে (cathode) সঞ্চিত গ্যাসের পরিমাণ তড়িৎ ধনাত্মক মেরুতে (anode) সঞ্চিত গ্যাস অপেক্ষা দ্বিগুণ হইয়াছে। এখন তড়িৎ ধনাত্মক মেরুর স্টপককটি খুলিয়া একটি জলন্ত শলাকা নলের মুখে ধরিলে দেখা যাইবে শলাকাটি উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিতেছে কিন্তু গ্যাসটি জ্বলিতেছে না। সুতরাং পার্শ্বনলে সঞ্চিত গ্যাসটি **অক্সিজেন**। অপরদিকে তড়িৎ ঋণাত্মক মেরুর স্টপককটি খুলিয়া জলন্ত শলাকা নলের মুখে ধরিলে দেখা যাইবে শলাকাটি নিভিয়া গেল কিন্তু গ্যাসটি দপ্ করিয়া জ্বলিয়া উঠিল। সুতরাং পার্শ্বনলে সঞ্চিত গ্যাসটি **হাইড্রোজেন**।

অতএব এই পরীক্ষা হইতে ইহাই প্রমাণিত হয় যে, জলকে তড়িৎ বিশ্লেষণ (electrolysis) করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া যায় এবং **দুই ভাগ আয়তনে হাইড্রোজেন ও এক ভাগ আয়তনে অক্সিজেন উৎপন্ন**

করে। সুতরাং আয়তন হিসাবে জলে হাইড্রোজেন ও অকসিজেন **2 : 1** অনুপাতে আছে।

পরীক্ষা করিয়া আরও দেখা গিয়াছে যে, সালফিউরিক এ্যাসিডের পরিমাণ পরীক্ষার পূর্বে ও পরে একই থাকে।

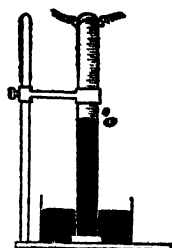
জলের সংশ্লেষণ প্রণালী (Synthetic Process of Water) :

ক্যাভেনডিসের পরীক্ষা (Cavendish's Experiment) :—বৃটিশ বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিস ১৭৮১ খৃষ্টাব্দে সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে রাসায়নিক সংযোগে আয়তনের দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অকসিজেন মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

ক্যাভেনডিসের যন্ত্রটি ছিল একটি সুদৃঢ় কাচের ডিম্বাকৃতি গোলক এবং ইহার মাথায় দুইটি প্লাটিনাম তার আটকান ছিল এবং নীচে দুইটি চাবি সংযুক্ত ছিল। গোলকটিকে প্রথমে বায়ুশূন্য করিয়া একটি কাচের বেলজারের সঙ্গে যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। বেলজারের মধ্যে পূর্বেই জলের উপর সংগৃহীত দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অকসিজেন থাকে। গোলকটিকে যুক্ত করিয়া চাবিটি খুলিয়া দিলে, বেলজার হইতে হাইড্রোজেন ও অকসিজেনের মিশ্র গোলকটিতে প্রবেশ করিলে সংযোগকারী চাবিটি বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এখন গোলকটির মধ্যে বিদ্যুৎ চালনা করিলে হাইড্রোজেন ও অকসিজেন মিশ্রে একটি বিস্ফোরণ ঘটিয়া উহারা সংযুক্ত হয় ও জল উৎপন্ন করে। উৎপন্ন জল গোলকের গাত্রে শিশিরের মত দেখা যায়। কয়েকবার এইরূপ হাইড্রোজেন ও অকসিজেন মিশ্রণে বিদ্যুৎ স্পর্শ দিলে সামান্য জল উৎপন্ন হইবে। এখন তিনি গোলকটিকে পারদের মধ্যে রাখিয়া চাবিটি খুলিয়া দেন। গোলকটি পারদে পূর্ণ হইয়া যাইবে অর্থাৎ কোন গ্যাস আর গোলকটিতে অবশিষ্ট থাকিবে না। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে **দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অকসিজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে**।

ক্যাভেনডিসের পরীক্ষার ঐতিহাসিক মূল্য আছে ঠিকই, কিন্তু ইহার কতকগুলি ত্রুটি ছিল। বর্তমানে এই পরীক্ষাটি সংশোধিত হইয়া নিম্নলিখিত ভাবে করা হয়।

এই প্রণালীতে একটি **ইডিয়োমিটার টিউব** (Eudiometer Tube) লওয়া হয়। ইডিয়োমিটারটি একমুখ বন্ধ একটি কাচের লম্বা নল। এই নলের বন্ধ মুখে কাচ গলাইয়া প্লাটিনামের দুইটি তার প্রবেশ করানো থাকে। এই নলটি পারদপূর্ণ করিয়া একটি পারদভরা বাটির উপর উল্টাইয়া রাখা হয়।

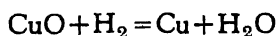
পারদ অপসারণের দ্বারা ইডিয়োমিটারের মধ্যে দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেন সংগ্রহ করা হয়। এখন নলের খোলা মুখটি এক খণ্ড রবারের উপর দৃঢ়ভাবে চাপিয়া রাখিয়া প্লাটিনাম তারের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করিলে প্রবল বিস্ফোরণের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হইবে। নলটি ঠাণ্ডা হইলে দেখা যাইবে যে ইহার গায়ে কয়েক বিন্দু জল জমা হইয়াছে। এখন রবারের টুকরাটি সরাইয়া লইলে নলের মধ্যে পারদ প্রবেশ করিবে এবং নলটি পারদে পূর্ণ হইয়া যাইবে। ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে **আয়তনের দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেন সম্মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করে।**

ইডিয়োমিটার দ্বারা পরীক্ষা

জলের তৌলিক গঠন :

(Gravimetric Composition of Water)

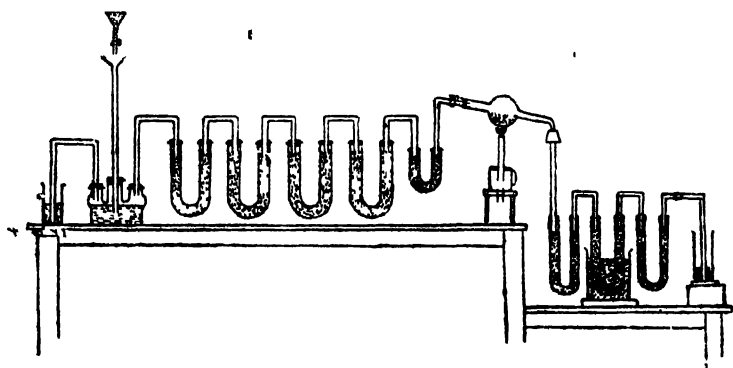
ডুমা'র পরীক্ষা (**Duma's Experiment**) :—ফরাসী বিজ্ঞানী ডুমা ১৮৪২ খৃষ্টাব্দে সর্বপ্রথম ওজন হিসাবে জলের গঠন নির্ণয় করেন। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের ওজন অতি সামান্য। সেইজন্য প্রত্যক্ষভাবে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস দুইটির ওজন মাপিয়া জলের গঠন স্থির করা সম্ভব নয়। ডুমা পরোক্ষভাবে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন নির্ণয় করেন।

তিনি উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের ভিতর দিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করেন। ফলে হাইড্রোজেন কিউপ্রিক অক্সাইডের (CuO) অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে এবং কিউপ্রিক অক্সাইড কপারে বিজারিত (reduced) হইয়া যায়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

কিউপ্রিক অক্সাইডের ওজন হইতে কপারের ওজন বাদ দিলে অক্সিজেনের ওজন বাহির হইবে এবং উৎপন্ন জলের ওজন হইতে অক্সিজেনের ওজন বাদ দিলে হাইড্রোজেনের ওজন বাহির হইবে।

পরীক্ষা :—একটি দুই মুখ খোলা শক্ত কাচের বাল্‌বে কিছু পরিমাণ শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড পূর্ণ করিয়া ওজন করা হয়। দুইটি রবারের ছিপি দিয়া বাল্‌বের মুখ দুইটি সম্পূর্ণভাবে বায়ু বন্ধ করিয়া আঁটা থাকে। ছিপি দুইটির মধ্য দিয়া একটি আগম-নল ও অপরটি দিয়া নির্গম-নল লাগানো থাকে। আগম-নলের মাথায় রবার টিউবের সাহায্যে পর পর কতকগুলি U-নল লাগান

থাকে এবং শেষ U-নলটি একটি উলফ্ বোতলের সহিত সংযুক্ত থাকে। নির্গম-নলের সহিত দুই তিনটি গলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপুর্ণ U-নল সংযুক্ত থাকে। উৎপন্ন জল এই নলগুলিতে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) দ্বারা শোষিত হয়। পরীক্ষার পুর্বে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পুর্ণ U-নলগুলি একত্রে ওজন করিয়া লওয়া হয়।

এখন উলফ্ বোতলে রক্ষিত জিংকেব উপর লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড ঢালা হয়। ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস U-নলগুলির মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয়। এই সকল নলে পর পব লেড নাইট্রেট দ্রবণ [$Pb(NO_3)_2$], সিলভার সালফেট দ্রবণ (Ag_2SO_4), কঠিন কষ্টিক পটাশ (KOH) ও গাঢ় সালফিউরিক এ্যাসিড থাকে। এই সকল দ্রব্যের ভিতব দিয়া হাইড্রোজেন যাইবার কালে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হইয়া পড়ে। এই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) পুর্ণ আর একটি U-নলের মধ্যে দিয়া আগম-নলের ভিতব দিয়া কাচের বালবে প্রবেশ করে।

ডুমা'র পরীক্ষা

প্রথমে কিছুক্ষণ যন্ত্রটির মধ্য দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিয়া যন্ত্রের মধ্যস্থিত বায়ুকে বিতাড়িত করা হয়। তাহার পর কাচের বাল্‌বটিকে দীপদ্বারা তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় এবং হাইড্রোজেন প্রবাহ সমানে চলিতে থাকে। কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া কপারে পরিণত হইবে এবং উৎপন্ন জল নির্গম-নলের মুখে অবস্থিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপুর্ণ U-নলে সঞ্চিত হইবে। যখন সমস্ত কপার অক্সাইড সম্পুর্ণভাবে কপারে পরিণত হইবে তখন তাপ বন্ধ করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহ দ্বারা যন্ত্রটিকে শীতল করা হয়। যন্ত্রটি শীতল হইলে হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহ বন্ধ করিয়া কপারপুর্ণ বাল্‌বটিকে

ওজন করা হয় এবং নির্গম নলের মুখে অবস্থিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলগুলিকে একত্রে পুনরায় ওজন করা হয়।

পরীক্ষার পুর্বে বাল্‌ব + কপার অক্সাইডের ওজন = w_1 গ্রাম

পরীক্ষার পরে বাল্‌ব + কপারের ওজন = w_2 গ্রাম

সুতরাং অক্সিজেনের ওজন = ($w_1 - w_2$) গ্রাম

পরীক্ষার পুর্বে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলগুলির ওজন = w_3 গ্রাম

পরীক্ষার পরে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলগুলি + জলের ওজন = w_4 গ্রাম

সুতরাং উৎপন্ন জলের ওজন = ($w_4 - w_3$) গ্রাম

অতএব হাইড্রোজেনের ওজন = ($w_4 - w_3$) − ($w_1 - w_2$) গ্রাম

নির্ভুল পরীক্ষায় দেখা যাইবে,

$$\frac{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{(w_4 - w_3) - (w_1 - w_2)}{(w_1 - w_2)} = \frac{1}{8}$$

প্রকৃতপক্ষে দেখা গিয়াছে যে,

হাইড্রোজেনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন = 1 : 7·98

সুতরাং নয় ভাগ ওজনের জলের মধ্যে আছে এক ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও আট ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

জল একটি যৌগিক পদার্থ :—প্রাচীন বিজ্ঞানীরা মনে করিতেন, জল একটি মৌলিক পদার্থ। কিন্তু ১৭৮১ খৃষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী ক্যাভেন্‌ডিস সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে, জল একটি যৌগিক পদার্থ, মৌলিক পদার্থ নহে। তাহার কারণ,

(১) জলের সহিত বিভিন্ন ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়, যাহার ধর্ম জলের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র। আবার জলের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ দিলে জল বিশ্লেষিত হইয়া দুইটি গ্যাস উৎপন্ন করে। এই গ্যাস দুইটির একটি হাইড্রোজেন এবং অপরটি অক্সিজেন। গ্যাস দুইটির ধর্ম ও স্বভাব জল হইতে সম্পূর্ণ পৃথক্‌। সুতরাং জল মৌলিক পদার্থ হইতে পারে না, ইহা একটি যৌগিক পদার্থ।

(২) পৃথিবীর যে-কোন স্থান হইতে জল আনা হউক না কেন সেই জল বিশ্লেষণ করিলে সর্বদা আয়তন হিসাবে এক আয়তন অক্সিজেন ও দুই আয়তন হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে এবং ওজন হিসাবে নয় ভাগ ওজনের জলের মধ্যে এক ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও আট ভাগ ওজনের অক্সিজেন

পাওয়া যাইবে। ইহা হইতে বোঝা যায় যে, জল একটি যৌগিক পদার্থ, মিশ্র পদার্থ নহে।

(৩) দুই ভাগ আয়তনের হাইড্রোজেনের সহিত এক ভাগ আয়তনের অক্সিজেন মিশাইয়া দিলেই জল উৎপন্ন হইবে না; এই মিশ্রণের মধ্যে বিদ্যুৎ স্পর্শ দিলে জল উৎপন্ন হয়।

(৪) কোন সহজ প্রক্রিয়া দ্বারা জলের উপাদান দুইটি পৃথক করা যায় না। বিশেষ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার দ্বারা জল বিশ্লেষিত হইলে উপাদান দুইটি পৃথকভাবে পাওয়া যায়।

এই সকল কারণে নিঃসন্দেহে বলা যায় যে, জল একটি যৌগিক পদার্থ।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What are the common sources of water ? What are the common impurities which may be present in the various samples of water collected from different sources ?

[জলের সাধারণ উৎস কি কি ? বিভিন্ন উৎস হইতে সংগৃহীত জলে কি কি সাধারণ কলুষ পদার্থ থাকিতে পারে ?]

2. What are the essential qualities of good drinking water ? Why should distilled water not be used for drinking purposes ?

[ভাল পানীয় জলের কি কি বিশেষ গুণ থাকা দরকার ? পাতিত জল পানীয় জলরূপে ব্যবহার করা হয় না কেন ?]

3. Indicate how you would purify water (i) for drinking purposes and (ii) for laboratory purposes.

[(i) পানের জন্য এবং (ii) রসায়নাগারে ব্যবহারের জন্য জল কি ভাবে বিশুদ্ধ করিবে নির্দেশ কর।]

4. What kind of water can be used for drinking purposes ? How is water purified for town supply ?

[পানীয় জল কিরূপ হওয়া উচিত ? সহরে পানীয় জল সরবরাহের জন্য কিভাবে পরিষ্কার করা হয় ?]

5. What do you understand by 'hard water' and 'soft water' ? Are the following hard water or soft water —rain water, sea water, ganges water ?

[খর জল ও মৃদু জল বলিতে কি বুঝ ? বৃষ্টির জল, সমুদ্র জল, গঙ্গার জল খর না মৃদু ?]

6. What is the cause of hardness of water? What are the disadvantages of hard water when used (a) in a laundry, (b) in a boiler? Describe the various methods of the removal of hardness of water.

[জলের খরতার কারণ কি? লণ্ড্রিতে ও বয়লারে খর জল ব্যবহারে কি কি অসুবিধা আছে? জলের খরতা দূরীকরণের বিভিন্ন পদ্ধতি বর্ণনা কর।]

7. Describe the physical and chemical properties of water.

[জলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা কর।]

8. How and under what conditions does water react with magnesium, iron, calcium, carbon, chlorine, phosphorus pentoxide? Give equations.

[কি অবস্থায় এবং কিরূপে জল ম্যাগনেসিয়াম, আয়রণ, ক্যালসিয়াম, কার্বন, ক্লোরিন, ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করে? সমীকরণ লিখ।]

9. How wouid you prove that water contains both hydrogen and oxygen? Give details of the experiment and a sketch of the apparatus you would use for the purpose.

[তুমি কিরূপে প্রমাণ করিবে যে জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত? পরীক্ষাটি বিশদ বর্ণনা কর এবং ইহার একটি চিত্র অঙ্কিত কর।]

10. What are the constituents of water? In what ratio by volume do they occur? Describe in outline experimental methods for determining the composition of water (i) by weight and (ii) by volume.

[জলের উপাদান কি কি? আয়তন হিসাবে ইহারা কি অনুপাতে থাকে? জলের (i) তৌলিক গঠন এবং (ii) আয়তনিক গঠন নির্ণয়ের পরীক্ষাগুলির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।]

11. Describe Duma's method of determining the composition of water by weight, mentioning the necessary precautions to get the accurate result. Give the necessary calculations.

[জলের তৌলিক গঠন নির্ণয়ের ডুমা'র পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং নির্ভুল ফল পাওয়ার জন্য কি সতর্কতা প্রয়োজন বণনা কর। প্রয়োজনীয় গণনা দাও।]

12. Prove that water is a compound of hydrogen and oxygen.

[প্রমাণ কর যে জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ।]

১৮

দ্রবণ ও দ্রাব্যতা

(Solution and Solubility)

জল একটি প্রধান দ্রাবক (solvent)। জলের মধ্যে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় এই তিন অবস্থার পদার্থই দ্রবীভূত হইতে পারে। চিনি, লবণ প্রভৃতি কঠিন পদার্থ, অ্যালকোহল, গ্লিসারিন প্রভৃতি তবল পদার্থ এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন প্রভৃতি গ্যাসীয় পদার্থ জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। এই অবস্থায় দ্রাব (solute) জলের মধ্যে অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিয়া যায় এবং খুব শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রেও ইহাদেব পৃথক অস্তিত্বেব সন্ধান পাওয়া যায় না। (দ্রবণের সমস্ত অংশেই বিভিন্ন উপাদানের আনুপাতিক হার সমান হয়, অর্থাৎ দ্রবণ সর্বদাই সমসত্ত্ব। একফোঁটা দ্রবণে যে অনুপাতে দ্রাব ও দ্রাবক পাওয়া যায় এক সের দ্রবণেও সেই অনুপাতেই দ্রাব ও দ্রাবক পাওয়া যায় ও দ্রবণের নিম্নলিখিত গুণ বর্তমান থাকে।

১। দ্রবণ সমসত্ত্ব মিশ্রণ।

২। দ্রবণে দ্রাবের কণাগুলি এত সূক্ষ্ম হয় যে ইহাদিগকে খালি চোখে দেখা যায় না এবং পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায় না।

৩। দ্রবণ হইতে দ্রাবক বাষ্পীভূত করিলে দ্রাব ফিরিয়া পাওয়া যায়। অনেক সময় কেলাসন প্রক্রিয়ায় দ্রাবক পৃথক করা যায়।

৪। পাতন ক্রিয়া দ্বারা দ্রাবক হইতে দ্রাবকে পাওয়া যায়।

৫। দুই তরলের দ্রবণ হইতে আংশিক পাতন দ্বারা দুই তরলকে পৃথক করা যায়, যথা জল ও বেন্‌জিনের দ্রবণ।

৬। তরলে গ্যাসের দ্রবণ গরম করিলে গ্যাস পৃথক করা যায়, যথা জলে কাবন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের দ্রবণ।

৭। দুইটি কঠিনের দ্রবণ হইতে আংশিক কেলাসন দ্বারা কঠিন দুইটিকে পৃথক করা যায়।)

দ্রবণ কোন যৌগিক পদার্থ নহে—দ্রবণে দুইটি পদার্থ সমসত্ত্ব ভাবে মিশিয়া থাকিলেও ইহারা কোন যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে না। যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদা স্থির থাকে, কিন্তু দ্রবণের মধ্যে উপাদানগুলির অনুপাত একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে পরিবর্তিত হইতে পারে।

সুতরাং দুই বা ততোধিক পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণ, যাহাদের উপাদানগুলির অনুপাত নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে পরিবর্তিত করা যায়, তাহাদেরকে দ্রবণ বলা যাইতে পারে।

জল ব্যতীত অন্যান্য দ্রাবক—জল সর্বোৎকৃষ্ট দ্রাবক হইলেও চবি, মাখন, স্নেহজাতীয় পদার্থ, বিভিন্ন রকম তৈল, রং ইত্যাদি জৈব বস্তুগুলি জলের মধ্যে দ্রবীভূত করা যায় না। এরূপ জৈব পদার্থ দ্রবীভূত করার জন্য অন্য প্রকার দ্রাবকের প্রয়োজন হয়। যেমন, তেল, ঘি প্রভৃতি জলে দ্রবীভূত না হইলেও পেট্রোল বা বেন্‌জিনে দ্রবীভূত হয়। সেইজন্য পশমী দ্রব্যাদি পরিষ্কৃত করার জন্য পেট্রোল ব্যবহার করা হয়। রবার পেট্রোলে দ্রবণীয় বলিয়া এই দ্রবণ দিয়া ফুটবল ব্লাডারের ছিদ্র মেরামত করা হয়। গালা মেথিলেটেড স্পিরিটে দ্রবণীয়। কাঠের মিস্ত্রিগণ যে বার্নিস ব্যবহার করে, তাহা মেথিলেটেড স্পিরিটে গালার দ্রবণ। শরীরের কোন স্থানে কাটিয়া গেলে যে টিংচার আয়োডিন ব্যবহার করা হয় তাহা এ্যালকোহল ও পটাশিয়াম আয়োডাইডে আয়োডিনের দ্রবণ।

গ্যাসের দ্রবণীয়তা—জলের মধ্যে নানা রকমের গ্যাস দ্রবীভূত হয়। জলের মধ্যে বায়ু দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবীভূত বায়ু হইতে অক্‌সিজেন সংগ্রহ করিয়া জলচর প্রাণী শ্বাস-প্রশ্বাস লইয়া থাকে। জলের মধ্যে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্‌সাইড গ্যাসও প্রচুর পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। জলের নীচে যে সব উদ্ভিদ জন্মে তাহারা এই দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্‌সাইড হইতে কার্বন শোষিয়া লইয়া নিজেদের খাদ্যরূপে গ্রহণ করে। ইহা ছাড়া গন্ধক ও ফসফরাসের গ্যাসীয় অকসাইড, এ্যামোনিয়া (NH_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), প্রভৃতি গ্যাসও জলের মধ্যে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু জলের মধ্যে দ্রবীভূত গ্যাসের পরিমাণ কম। জলকে উত্তপ্ত করিলে দ্রবীভূত গ্যাসগুলি নির্গত হইয়া উড়িয়া যায়।

সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত দ্রবণ :

(Saturated and Unsaturated solution)

একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকের কোন পদার্থ দ্রবীভূত করার ক্ষমতা সীমাবদ্ধ। পরীক্ষাস্বরূপ ধরা যাক, একগ্লাস জলে এক চামচ চিনি ফেলিয়া জলটি চামচ দিয়া আলোড়ন করিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে চিনির দানাগুলি জলের মধ্যে অদৃশ্য হইয়াছে। অর্থাৎ চিনি জলের মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া চিনির দ্রবণ তৈয়ারী করিয়াছে। এখন এই দ্রবণে আরও খানিকটা চিনি মিশাইয়া

জলটি আলোড়ন করিলে চিনির দানাগুলি আস্তে আস্তে জলের মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। এইভাবে জলের মধ্যে অল্প অল্প চিনি মিশাইতে থাকিলে এমন একটি সময় আসিবে যখন চিনি আর জলে মধ্যে দ্রবীভূত হইবে না, অমিশ্রিত কঠিন অবস্থায় জলের তলায় পড়িয়া থাকিবে। দ্রবণের এরূপ অবস্থাকে বলা হয় **সংপৃক্ত** (saturated)। দ্রবণের এই সংপৃক্ত অবস্থায় যদি খানিকটা জল ঢালিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, চিনির দানাগুলি পুনরায় জলে দ্রবীভত হইয়াছে, আরও চিনি মিশাইলে দ্রবীভূত হইবে। দ্রবণের এরূপ অবস্থাকে বলা হয় **অসংপৃক্ত** (unsaturated)। এখন দ্রবণের সংপৃক্ত অবস্থায় জল না মিশাইয়া যদি উত্তপ্ত করা যায় তাহা হইলেও চিনির দানাগুলি দ্রবীভূত হইয়া যাইবে অর্থাৎ দ্রবণটি অসংপৃক্ত হইবে। উত্তপ্ত অসংপৃক্ত দ্রবণকে শীতল করিলে পুনরায় চিনির দানাগুলি গ্লাসের তলায় জমা হইবে।

তাহা হইলে এই পরীক্ষা হইতে দেখা যাইতেছে যে, একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবক নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে দ্রবীভূত করিতে পারে।

একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন দ্রাবকে নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব মিশাইয়া দ্রবণ তৈয়ারী করিবার পর যদি সেই দ্রবণে আরও দ্রাব মিশাইলে তাহা অমিশ্রিত অবস্থায় থাকিয়া যায় তাহা হইলে সেই দ্রবণকে সেই উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রবণ (saturated solution) বলে।

দ্রবণে নির্দিষ্ট পরিমাণ অপেক্ষা কম দ্রাব থাকিলে দ্রবণকে অসংপৃক্ত দ্রবণ (unsatutated solution) বলে।

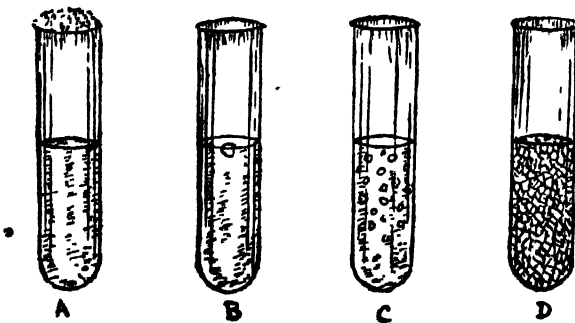
তাহা হইলে দেখা যাইতেছে যে দ্রবণে দ্রাব ও দ্রাবকের মধ্যে একটি আকর্ষণ আছে। এই আকর্ষণ যখনই তৃপ্ত হয় তখনই দ্রবণটি সংপৃক্ত অবস্থা লাভ করে। এই আকর্ষণ দ্রাব ও দ্রাবকের উপর নিভর করে। তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে আকর্ষণ বৃদ্ধি পায়।

অতিপৃক্ত দ্রবণ :
(Super-saturated Solution)

স্বাভাবিক অবস্থায় সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে আর অতিরিক্ত দ্রাব মিশান সম্ভব নয়। অনেক সময় দেখা যায় যে, কোন দ্রবণকে উচ্চতর উষ্ণতায় সংপৃক্ত করিয়া কোনরূপ নাড়াচাড়া না করিয়া ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা হইতে দিলে উহা হইতে কোন স্ফটিক (Crystal) পৃথক হয় না। অর্থাৎ ঐ উষ্ণতায় উক্ত দ্রাবকের পক্ষে সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে যত দ্রাব প্রয়োজন তাহা অপেক্ষা

অধিক দ্রাব ইহাতে দ্রবীভূত রহিয়াছে। এখন এই দ্রবণে উক্ত দ্রাবের একটি ক্ষুদ্র কণা ফেলিয়া দিলে ইহা হইতে দ্রবীভূত পদার্থের বাড়তি অংশ স্ফটিকাকারে পড়িয়া যাইবে। দ্রবণের এইরূপ অবস্থাকে **অতিপৃক্ত** (Super-saturated) বলা হয়।

অতএব **কোন বিশেষ অবস্থায় সংপৃক্তির মাত্রা অতিক্রম করিয়া দ্রবণ যদি অতিরিক্ত দ্রাব গ্রহণে সক্ষম হয় তবে সেই দ্রবণকে অতিপৃক্ত দ্রবণ** (Super-saturated Solution) **বলে।**

পরীক্ষা :—একটি বড় পরীক্ষা-নলে কতকগুলি সোডিয়াম থায়োসালফেটের (sodium thiosulphate বা Hypo) দানা (crystal) লইয়া মুখটি তুলা দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হইল। পরীক্ষা-নলকে ধীরে ধীরে দীপ দ্বারা গরম করিলে থায়োসালফেটের স্ফটিকগুলি স্ফটিকের মধ্যে অবস্থিত কেলাসজল (water of crystallisation) দ্বারা দ্রবীভূত হইয়া একটি গাঢ় দ্রবণে পরিণত হইবে। পরীক্ষা নলের গায়ে সাবধানে জল ঢালিয়া দ্রবণকে শীতল করিলেও থায়োসালফেটের দানাগুলি পৃথক হইবে না। এই দ্রবণটিকে সোডিয়াম থায়োসালফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ বলে। এখন তুলা সরাইয়া একটি ছোট থায়োসালফেটের দানা দ্রবণে ফেলিয়া দিলে দেখা যাইবে দানাটিকে কেন্দ্র করিয়া ধীরে ধীরে সমস্ত দ্রবণ দানা বাঁধিয়া জমিয়া উঠিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণের উষ্ণতাও বৃদ্ধি পাইবে।

সোডিয়াম থায়োসালফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ

অতিপৃক্ত দ্রবণ খুবই অস্থায়ী (unstable)। অতিপৃক্ত দ্রবণ সংরক্ষণ করিতে হইলে কতকগুলি সর্ত থাকা প্রয়োজন—

(১) দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করিতে হইবে।

(২) দ্রবণকে ধূলিমুক্ত রাখিতে হয়, তাহা না হইলে ধূলিকণাকে কেন্দ্র করিয়া কেলাস বাহির হইয়া আসিবে।

(৩) দ্রবণকে স্থির থাকিতে দিতে হয়। পাত্রের গায়ে টোকা মারিলে বা দ্রবণ নাড়াচাড়া করিলে কেলাস বাহির হইয়া পড়িবে।

দ্রাব্যতা :

(Solubility)

দ্রবণের মধ্যে কত পরিমাণ দ্রাব মিশ্রিত থাকে, তাহা নির্ণয় করিয়া দ্রবণের গাঢ়তা বা দ্রাব্যতা স্থির করা হয়।

কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবককে (বা জলে) যত গ্রাম দ্রাব মিশ্রিত করিয়া একটি সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে পারা যায় সেই গ্রাম সংখ্যাকে সেই উষ্ণতায় সেই পদার্থের দ্রাব্যতা বা দ্রবণীয়তা (Solubility) বলে।

30°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে 50 গ্রাম তুঁতে (কপার সালফেট) লাগে। সুতরাং 30°C উষ্ণতায় তুঁতের দ্রাব্যতা = 50। 80°C উষ্ণতায় লবণের দ্রাব্যতা 38 বলিতে বোঝায় যে, 80°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে 38 গ্রাম লবণ লাগে।

বিভিন্ন কঠিন পদার্থের দ্রবণীয়তা বিভিন্ন এবং দ্রাবক বিভিন্ন হইলে কঠিন পদার্থের দ্রবণীয়তা বা দ্রাব্যতাও বিভিন্ন হইবে। যেমন আয়োডিন একই উষ্ণতায় জল অপেক্ষা ইথারে অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত হয়।

দ্রাব্যতা নির্ণয় :

(Determination of Solubility)

একটি বীকারে খানিকটা পাতিত জল লইয়া তাহাতে কিছু সাধারণ লবণ (common salt) মিশাইয়া কাচের দণ্ড দিয়া আলোড়ন করিলে দেখা যাইবে যে দানাগুলি জলের মধ্যে অদৃশ্য হইয়াছে। তখন আরও কিছুটা লবণের দানা মিশাইয়া আলোড়ন করিলে লবণের দানাগুলি জলের মধ্যে দ্রবীভূত হইবে। এইভাবে কিছুক্ষণ লবণ মিশাইবার পর দেখা যাইবে, কিছু কিছু লবণের দানা দ্রবীভূত অবস্থায় বীকারের তলায় পড়িয়া রহিয়াছে। এইভাবে ঘরের উষ্ণতায় (room temperature) সাধারণ লবণের একটি সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত হইল। এখন একটি শুষ্ক পোর্সিলেন বেসিন (porcelain basin) ওজন করা হইল। এই বেসিনে খানিকটা লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ লইয়া পুনরায় ওজন লওয়া হইল। এইবার দ্রবণ-সমেত বেসিনটিকে তারজালির উপর বসাইয়া

বুন্‌সেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হইল। ফলে জল ধীরে ধীরে বাষ্পীভূত হইয়া যাইবে এবং বেসিনে পড়িয়া থাকিবে শুধু লবণের দানা। এখন লবণসুদ্ধ বেসিনটিকে বায়ু-চুল্লীতে (air oven) শুষ্ক করা হইল। তারপর ইহাকে শোষকাধারে (Desiccator) রাখিয়া ঠাণ্ডা করা হইল। ঠাণ্ডা হইলে লবণসুদ্ধ বেসিনটিকে পুনরায় ওজন লওয়া হইল। এইভাবে উত্তপ্ত করিয়া ও ঠাণ্ডা করিয়া কয়েকবার লবণসহ বেসিনটির ওজন লওয়া হইল যতক্ষণ না শেষ দুই ওজন সমান হয়।

শুষ্ক বেসিনের ওজন $= w_1$ গ্রাম

বেসিন + লবণ দ্রবণের ওজন $= w_2$ গ্রাম

বেসিন + শুষ্ক লবণের ওজন $= w_3$ গ্রাম

সুতরাং দ্রবণের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম

লবণের ওজন $= (w_3 - w_1)$ গ্রাম

জলের ওজন $= (w_2 - w_1) - (w_3 - w_1)$ গ্রাম

$= (w_2 - w_3)$ গ্রাম

অতএব $(w_2 - w_3)$ গ্রাম জলে $(w_3 - w_1)$ গ্রাম লবণ দ্রবীভূত হইতে পারে।

100 গ্রাম জলে $\frac{w_3 - w_1}{w_2 - w_3} \times 100$ গ্রাম লবণ দ্রবীভূত হইবে।

সুতরাং সাধারণ তাপে অর্থাৎ ঘরের উষ্ণতায় লবণের দ্রবণীয়তা

$= \frac{w_3 - w_1}{w_2 - w_3} \times 100$ গ্রাম।

কক্ষের উষ্ণতার ঊর্ধ্ব ও নিম্ন উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয় :

(Detemination of the solubility of a substance at temperatures higher and lower than room temperature)

একটি বীকারে তুঁতের সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করা হইল (তৈয়ারী করার পদ্ধতি পূর্বের পরীক্ষায় বর্ণনা করা হইয়াছে)। তুঁতের দ্রবণটিকে তারজালির উপর বসাইয়া দীপ দ্বারা উত্তপ্ত করা হইল এবং ইহার মধ্যে আরও কঠিন তুঁতে মিশান হইল। যতক্ষণ না কঠিন তুঁতে বীকারের তলায় অদ্রবীভূত অবস্থায় পড়িয়া থাকে ততক্ষণ তুঁতে মিশান হইল। তুঁতে তলায় জমা হইতে আরম্ভ করিলে দীপ নিভাইয়া দ্রবণটির মধ্যে একটি থার্মোমিটার ঝুলাইয়া রাখা

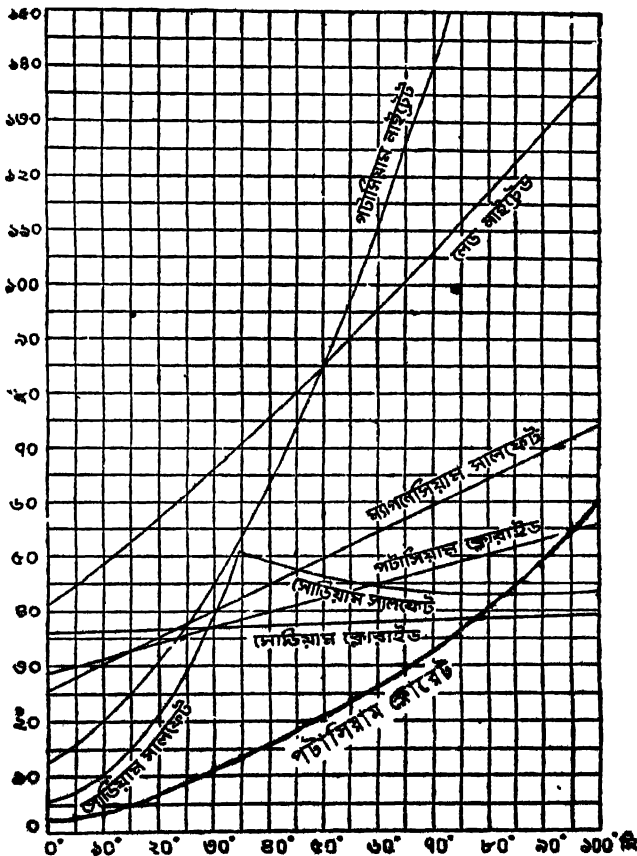
হইল। কতকগুলি শুষ্ক বেসিন ওজন করিয়া রাখা হইল। এইবার থার্মো-মিটারের দিকে লক্ষ্য রাখা হইল। থার্মোমিটারের পারদ 80°C আসিবার সঙ্গে সঙ্গে 10 c.c. দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে তুলিয়া লইয়া এক নম্বর বেসিনে রাখা হইল। দ্রবণ-ভরা বীকারটি একটি ঠাণ্ডা জলভরা বাটিতে বসাইয়া দ্রবণটি কাচের দণ্ড দিয়া আলোড়ন করিলে দ্রবণের উষ্ণতা কমিতে থাকিবে। উষ্ণতা 70°C হইলে আবার 10 c.c. দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে তুলিয়া দুই নম্বর বেসিনে রাখা হইল। এইভাবে দ্রবণের উষ্ণতা 60°C, 50°C, 40°C, 30°C, আসিলে প্রত্যেকবার পিপেট দ্বারা 10 c.c. করিয়া দ্রবণ যথাক্রমে 3, 4, 5 ও 6 নম্বর বেসিনে রাখা হইল।

এখন জলভরা বাটিতে কয়েক টুকরা বরফ ফেলিয়া দিয়া দ্রবণটি কাচের দণ্ড দিয়া আলোড়ন করিলে দ্রবণের উষ্ণতা রসায়নাগারের উষ্ণতা হইতে কমিয়া যখন 20°C উষ্ণতায় আসিবে, তখন আবার 10 c c. দ্রবণ লইয়া 7 নম্বর বেসিনে রাখা হইল। বাটিতে আরও কতকগুলি বরফের টুকরা মিশাইয়া দ্রবণ আলোড়ন করিলে উষ্ণতা 10°C-তে আসিলে 8 নম্বর বেসিনে 10 c.c. দ্রবণ লওয়া হইল। এখন প্রত্যেকটি বেসিনই পৃথকভাবে দ্রবণসুদ্ধ ওজন করিয়া লিখিয়া রাখা হইল। ইহার পর বেসিনগুলিকে পরপর 'ওয়াটার বাথে' (water bath—জলগাহ) বসাইয়া দ্রবণের জলকে বাষ্পীভূত করা হইল। জল বাষ্পীভূত হইয়া গেলে বেসিনগুলিকে শোষকাধারে রাখিয়া শীতল করিয়া পুনরায় তুঁতে শুদ্ধ বেসিনগুলিকে পৃথকভাবে ওজন করা হইল। এইরূপে পর্য্যায়ক্রমে গরম ও ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা হইতে লাগিল যতক্ষণ না পর পর দুইটি ওজন এক হয়। এইবার আগের পরীক্ষার হিসাব অনুযায়ী পর পর বিভিন্ন উষ্ণতায় তুঁতের দ্রবণীয়তা কত হইবে তাহা স্থির করা যাইবে।

দ্রবণীয়তার উপর তাপের প্রভাব ঃ

দ্রাব্যতা লেখ (Solubility Curve)

আগের পরীক্ষা হইতে দেখা গিয়াছে যে, কঠিন পদার্থের দ্রাব্যতা তাপের উপর নির্ভর করে। সাধারণ তাপে কিছু পরিমাণ জলে যতখানি লবণ দ্রবীভূত হয় তাপবৃদ্ধি করিলে ঐ জলে আরও অধিক পরিমাণে লবণ দ্রবীভূত হইবে। আবার তাপ কমানোর সঙ্গে সঙ্গে দ্রাব্যতাও কম হয়। বিভিন্ন তাপে বিভিন্ন লবণের দ্রাব্যতা জানিবার জন্য গ্রাফ (graph) টানা হয়। গ্রাফ টানিবার জন্য একটি গ্রাফ কাগজে (graph paper) উহার অনুভূমিক রেখা OX (ভুজ—abscissa) দ্বারা উষ্ণতা এবং লম্বরেখা OY (কোটি—ordinate) দ্বারা

দ্রাব্যতা প্রকাশ করিতে হয়। OX ও OY এর প্রত্যেকভাগ যথাক্রমে 10°C উষ্ণতা ও দ্রবণে 10 গ্রাম লবণ প্রকাশ করে। যে কোন উষ্ণতা লম্বরেখা ও আনুষঙ্গিক দ্রাব্যতা হইতে অনুভূমিক রেখা টানিলে ইহারা একটি বিন্দুতে মিলিত হইবে। এইরূপে বিভিন্ন উষ্ণতায় অনেকগুলি বিন্দু পাওয়া যাইবে। এই বিন্দুগুলি যোগ করিলে একটি লেখ পাওয়া যাইবে। এই লেখটিকে **দ্রাব্যতা লেখ** (Solubility Curve) বলে।

দ্রাব্যতা লেখ

গ্রাফ হইতে সোরার লেখ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে যে, তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সোরার (Potassium Nitrate) দ্রাব্যতা দ্রুত বাড়িয়া যায়।

অর্থাৎ 20°C তাপে সোরার দ্রবণীয়তা 32 গ্রাম হইলে 30°C তাপে 45 গ্রাম, 50°C তাপে 85 গ্রাম, 60°C তাপে 111 গ্রাম এবং 70°C তাপে 140 গ্রাম হয়। এই দ্রবণীয়তার হিসাব দেখিয়া বলা যায় যে সোরার সংপৃক্ত দ্রবণকে 70°C হইতে 30°C তাপে ঠাণ্ডা করিলে (140—45) গ্রাম বা 95 গ্রাম সোরা দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া স্ফটিকাকারে দ্রবণের তলায় জমা হইবে।

গ্রাফ হইতে লেড নাইট্রেটের (Lead Nitrate) লেখ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে যে তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহার দ্রবণীয়তা সমান হারে বৃদ্ধি পাইবে।

সাধারণ লবণের দ্রাব্যতা লেখ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যাইবে যে তাপ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে লবণের (Sodium Chloride) দ্রাব্যতা বেশী বৃদ্ধি পায় না। যেমন 0°C তাপে লবণের দ্রবণীয়তা 34 গ্রাম, 50°C তাপে 37 গ্রাম এবং 100°C তাপে 40 গ্রাম মাত্র।

সোডিয়াম সালফেটের (Sodium Sulphate) লেখ বিশ্লেষণে একটি অস্বাভাবিকতা দেখা যায়। ইহার লেখটি প্রায় 33°C উষ্ণতায় ভগ্ন দেখা যায়। অর্থাৎ 33°C উপরে উষ্ণতা উঠিলে দ্রাব্যতা কমিয়া যায়। যেমন, 0°C তাপে সোডিয়াম সালফেটের দ্রবণীয়তা 6 গ্রাম, 33°C তাপে প্রায় 50 গ্রাম, 60°C তাপে দ্রবণীয়তা কমিয়া হয় 45 গ্রাম এবং 80°C তাপে 44 গ্রাম হয়। সাধারণতঃ উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কঠিনের দ্রাব্যতা বাড়ে। কিছু কিছু কঠিন আছে যেমন, ক্যালসিয়াম সাইট্রেট, (Calcium Citrate), ক্যালসিয়াম অক্সাইড (Calcium Oxide) যাহাদের দ্রাব্যতা উষ্ণতাবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কমে।

দ্রাব্যতা-লেখের উপকারিতা (Utility of solubility curves):— দ্রাব্যতা লেখ হইতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানিতে পারা যায়—

১। যে-কোন উষ্ণতায় কোন পদার্থের দ্রাব্যতা তৎক্ষণাৎ জানা যায়।

২। উষ্ণতা পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে দ্রাব্যতার পরিবর্তন জানিতে পারা যায়।

৩। একই উষ্ণতায় দুইটি পদার্থের দ্রাব্যতা তুলনা করা যায়।

৪। কয়েকটি কঠিন পদার্থের মিশ্রিত দ্রবণ হইতে বাষ্পীভবনের সময় বা শীতল হইবার সময় কোন্ পদার্থটি দ্রবণ হইতে আগে পৃথক হইবে তাহাও জানা যায়।

তরলে গ্যাসের দ্রাব্যতা (Solubility of gases in liquids) :— কঠিন ও তরল পদার্থ যেমন জলে দ্রবীভূত হয় সেইরূপ অনেক গ্যাসও জলে দ্রবীভূত হয়। তরলে গ্যাসের দ্রাব্যতা নির্ভর করে তরল ও গ্যাসের প্রকৃতি, তাপ ও চাপের উপর। তরলের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের দ্রাব্যতা কমে।

গ্যাসের এই গুণ কঠিন পদার্থের গুণের বিপরীত। একটি বীকারে ঠাণ্ডা জল গরম করিলে দ্রবীভূত বায়ু বুদবুদ আকারে বাহির হয়। কারণ উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বায়ুর দ্রাব্যতা কমিয়া যায় এবং অতিরিক্ত বায়ু বাহির হইয়া যায়। জলের যে-কোন গ্যাসীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে জল হইতে গ্যাস বিচ্ছিন্ন হইয়া নির্গত হইয়া যায়। আবার চাপের প্রভাবে গ্যাসের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়। একটি বোতলে জল ভরিয়া বরফের মধ্যে রাখিলে জল শীতল হইবে। ইহাতে এ্যামোনিয়া গ্যাস দ্রবীভূত করা হইল এবং বোতলের মুখ ছিপি বন্ধ করিয়া রাখা হইল। জল ঘরের উষ্ণতায় আসিলে ছিপিটি সশব্দে ছিটকাইয়া যাইবে, কারণ বোতলটি গরম হওয়ায় এ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা কমিবে এবং গ্যাস বাহির হইবার চেষ্টা করিবে, ফলে গ্যাসের চাপে ছিপি খুলিয়া যাইবে। লিমোনেড, সোডা-ওয়াটার প্রভৃতিতে কার্বন ডাই-অকসাইড গ্যাস উচ্চ চাপ দিয়া জলে দ্রবীভূত করা থাকে। সোডা-ওয়াটার বোতলের মুখ খোলার সঙ্গে সঙ্গে বোতলের জলীয় দ্রবণের উপর গ্যাসের যে চাপ ছিল তাহা হ্রাস পায় এবং গ্যাসের দ্রবণ ক্ষমতাও কমিয়া যায়। ফলে কার্বন ডাই-অকসাইড গ্যাস বুদবুদ আকারে বাহির হইতে আরম্ভ করে এবং বোতলের মুখে ফেনার সৃষ্টি হয়।

তরলের হিমাংক ও স্ফুটনাংকের উপর দ্রাবের প্রভাব :

(Effect of Solutes on Freezing and Boiling Points of Solvents)

জল 0°C উষ্ণতায় জমিয়া বরফে পরিণত হয়। কিন্তু জলে কোন দ্রাব (কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়) দ্রবীভূত থাকিলে জলের হিমাংক কমিয়া যায় অর্থাৎ 0°C উষ্ণতাতেও জলীয় দ্রবণ তরল থাকে বরফে পরিণত হয় না। এই কারণে বরফে লবণ মিশাইলে বরফের গলনাংক 0°C হইতে নিম্নে নামিয়া যায়। লবণ ও বরফের মিশ্রণের উষ্ণতা −23°C এবং এই মিশ্রণকে বলা হয় **হিম-মিশ্রণ** (**Freezing mixture**)। দুধের মধ্যে চিনি মিশাইয়া হিম-মিশ্রণ দিয়া ঢাকিয়া দিলে দুধ জমিয়া 'আইসক্রীম' তৈয়ারী হয়। শীত প্রধান দেশে শীতকালে রাস্তাঘাট বরফে জমিয়া যায়। সেই বরফের উপর লবণ ছড়াইয়া দিলে বরফ গলিয়া যায়। বরফের সঙ্গে লবণ মিশিয়া জলের হিমাংক নীচের দিকে নামাইয়া দেয় বলিয়া বরফ গলিয়া জলে পরিণত হয়।

আবার প্রমাণ চাপে (760 মিঃ মিঃ চাপে) বিশুদ্ধ জলের স্ফুটনাংক 100°C কিন্তু কোন কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থ জলে দ্রবীভূত থাকিলে জলের

স্ফুটনাংক 100°C উপরে উঠিয়া যায়। অর্থাৎ জলেব সঙ্গে অন্য কোন পদার্থ দ্রবীভূত থাকিলে ইহার স্ফুটনাংক বৃদ্ধি পায়।

একটি বড বাটির মত পাত্রে জল স্ফুটন করিবার ব্যবস্থাকে বলা হয় **ওয়াটার বাথ** (water bath) বা **জলগাহ**। বিশুদ্ধ পাতিত জল ওয়াটার বাথে লইয়া উত্তপ্ত করিলে এবং একটি থার্মোমিটার জলের একটু উপরে ঝুলাইয়া রাখিলে দেখা যাইবে জলেব স্ফুটন ক্রিয়া আরম্ভ হইলে থার্মোমিটারের উষ্ণতা 100°C হইয়াছে। তখন জলের মধ্যে কিছুটা লবণ ফেলিয়া দিলে দেখা যাইবে যে, দ্রবণ 100°C চেয়ে বেশী তাপে স্ফুটন হইতেছে। সেইজন্য ওয়াটাব বাথের উপর বসাইয়া যে কোন পদার্থ জলেব চেয়ে উচ্চতর স্ফুটনাংক পর্যন্ত উত্তপ্ত করা যায়।

অতএব দেখা যাইতেছে যে **কোন দ্রাবের** (কঠিন, তবল বা গ্যাসীয়) **উপস্থিতিতে দ্রাবকের হিমাংক হ্রাস পায় এবং স্ফুটনাংক বৃদ্ধি পায়।**

কলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণ ঃ

(Colloidal Solution and True Solution)

প্রকৃত দ্রবণে দ্রাব দ্রাবকের মধ্যে অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিযা যায় এবং দ্রাব সর্বত্র সমানভাবে মিশিযা থাকে। যেমন চিনি বা লবণ জলের মধ্যে দিলে চিনি বা লবণের কোন চিহ্ন থাকে না এবং প্রতি জলকণায চিনি বা লবণ সমভাবে মিশ্রিত থাকে। কিন্তু আরেক রকম দ্রবণ দেখা যায যাহাব মধ্যে দ্রাব নিশ্চিহ্নও হইয়া যায় না, সমভাবেও মিশ্রিত থাকে না, দ্রাবেব কণাগুলি দ্রবণেব মধ্যে সূক্ষ্ম আকারে ভাসমান অবস্থায় থাকে। এই ভাসমান কণাগুলি এত ছোট যে, ইহাবা সাধারণ ফিলটার কাগজের ছিদ্রেব মধ্য দিয়া চলিয়া যায় এবং বহুক্ষণ রাখিয়া দিলেও খুব বেশী থিতায় না। এইরূপ দ্রবণকে **কলয়েড দ্রবণ** **(Colloidal Solution)** বলে। কলয়েড কণাগুলি ফিলটার কাগজের মধ্য দিয়া পার হইয়া গেলেও পার্চমেণ্ট কাগজে আটকাইয়া যায়। সেইজন্য পার্চমেণ্ট বা সেলোফেন কাগজের দ্বারা কলয়েড হইতে দ্রাব পৃথক করা যায়। এই পদ্ধতিকে **ঝিল্লী-বিশ্লেষণ** (**Dialysis**) বলে। টমাস গ্রেহাম (Thomas Graham) ১৮৬১ খৃষ্টাব্দে কলয়েড দ্রবণ সম্বন্ধে প্রথম গবেষণা করেন। দুধ, চা, কফি প্রভৃতি কলয়েড দ্রবণ। কারণ দুধের মধ্যে মাখন, চবি ও ক্যাসিন কণা ভাসমান অবস্থায় থাকে। কুলফি-বরফ দুধ ও বরফ কণার কলয়েড দ্রবণ। গ্যাসের মধ্যে কঠিন ও তরল কণা ভাসিবার ফলে কলয়েড দ্রবণ তৈয়ারী হয়। যেমন, ধোঁয়া—বায়ু ও কার্বন কণা, কুয়াসা—

বায়ু ও জলকণা। সাবানজল, বার্লি ও সাগু ফুটান জল প্রভৃতি কলয়েড দ্রবণের দৃষ্টান্ত। কলয়েডের কণাগুলি খালি চোখে দেখা না যাইলেও শক্তিশালী আলোর পথে রাখিলে কণাগুলি দেখা যায়। প্রকৃত দ্রবণকে আলোর পথে রাখিলে কোনও কণা দেখা যায় না। এই পরীক্ষাকে **টিণ্ডালের পরীক্ষা** (**Tyndall's Test**) বলে।

গ্রেহামের পরবর্তীকালের বৈজ্ঞানীকগণ গবেষণা করিয়া দেখিয়াছেন যে, কলয়েড নামে কোন পদার্থকে নির্দিষ্টভাবে শ্রেণীবিভাগ করা যায় না। কারণ একই পদার্থ একটি নির্দিষ্ট দ্রাবকে কলয়েড দ্রবণ সৃষ্টি করে আবার অন্য দ্রাবকে প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি করে। একটি পদার্থ কলয়েড বা প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি করিবে নির্ভর করে দ্রাব এবং দ্রাবকের উপর। সুতরাং কলয়েড দ্রবণকে সঠিকভাবে বলিতে গেলে বলা যায় যে পদার্থটি কলয়েড অবস্থায় (colloidal state of matter) রহিয়াছে। যেমন, লবণ জলেতে প্রকৃত দ্রবণ (True solution) সৃষ্টি করে, কিন্তু লবণ বেন্‌জিনে কলয়েড দ্রবণ (colloidal solution) সৃষ্টি করে। সেইরূপ, সাবান জলে কলয়েড দ্রবণ সৃষ্টি করে কিন্তু এ্যালকোহলে প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি করে। এইরূপে অধিকাংশ পদার্থকেই বিভিন্ন দ্রাবকে উপযুক্ত অবস্থায় (suitable conditions) কয়েলড বা প্রকৃত দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

এখন একটি দ্রাব (solute) ও একটি দ্রাবক (solvent) পরস্পর মিশাইলে দ্রাব দ্রাবকে প্রলম্বিত, কলয়েড বা প্রকৃত দ্রবণ যে-কোন একটি অবস্থায় থাকিতে পারে। দ্রাব দ্রাবকে কিরূপ অবস্থায় থাকিবে তাহা দ্রাবের কণার ব্যাসের (diameter of the particles) উপর নির্ভর করে। দ্রাবের কণাগুলির ব্যাস যদি 10^{-4}Cm. হয় তাহা হইলে কণাগুলি দ্রাবকে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিবে। কণাগুলির ব্যাস যদি 10^{-5}Cm.—10^{-7} Cm. হয় তাহা হইলে দ্রাব দ্রাবকে কলয়েড দ্রবণ সৃষ্টি করিবে। কণাগুলির ব্যাস যদি 10^{-8}Cm. হয় তাহা হইলে প্রকৃত দ্রবণ সৃষ্টি হইবে। সুতরাং পদার্থ কণার আকারের (size) উপর দ্রবণের অবস্থা নির্ভর করিতেছে।

কলয়েড ও প্রকৃত দ্রবণের পার্থক্য

প্রকৃত দ্রবণ	কলয়েড দ্রবণ
১। কণাগুলি অতি ক্ষুদ্র ; কণাগুলির আকার 10^{-8}Cm.	১। কণাগুলি অপেক্ষাকৃত বড় ; কণাগুলির আকার $10^{-5}-10^{-7}$Cm.

প্রকৃত দ্রবণ	কলয়েড দ্রবণ
২। খালি চোখে বা শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রেও (ultra microscope) দেখা যায় না।	২। খালি চোখে দেখা যায় না কিন্তু শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রে (ultra-microscope) দেখা যায়।
৩। শক্তিশালী আলোকরশ্মির পথে রাখিলেও (টিণ্ডালের পরীক্ষা) কণাগুলি দেখা যায় না।	৩। শক্তিশালী আলোকরশ্মির পথে রাখিলে (টিণ্ডালের পরীক্ষা) কণাগুলি দেখা যায়।
৪। পার্চমেণ্ট কাগজ বা পাতলা চামড়ার ভিতর দিয়া চলিয়া যায়।	৪। পার্চমেণ্ট কাগজ বা পাতলা চামড়ার ভিতর দিয়া চলিয়া যায় না।

কেলাস জল বা স্ফটিক জল :
(Water of Crystallisation)

গাঢ় জলীয় দ্রবণ হইতে কেলাসনের সময় অনেক লবণের কেলাসে বা স্ফটিকে (crystal) কয়েক অণু জল রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত থাকিয়া যায়। কেলাস গঠনের এই জলকে **কেলাস জল বা স্ফটিক জল** (Water of crystallisation) বলে। জলের অণুর সংখ্যা প্রত্যেক কেলাসে নির্দিষ্ট থাকে। যেমন, এক অণু তুঁতের কেলাসে পাঁচ অণু জল থাকে। সেই জন্য তুঁতের সংকেত হইল ($CuSO_4, 5H_2O$)। সেইরূপ গ্লবার লবণে 10 অণু জল ($Na_2SO_4, 10H_2O$), হিরাকস বা ফেরাস সালফেটে 7 অণু জল ($FeSO_4, 7H_2O$) থাকে।

এই জলের অণুর উপর কেলাসের আকার নির্ভর করে। জলকে তাপ দিয়া বাষ্পীভূত করিলে কেলাসের আকার নষ্ট হইয়া গুঁড়া হইয়া যায়। যে সকল লবণের স্ফটিকে কেলাস জল থাকে তাহাদিগকে **সোদক লবণ** (hydrated salt বা crystallo-hydrate) বলে। যে সকল স্ফটিকে কেলাস জল থাকে না তাহাদের **অনার্দ্র বা নিরুদক লবণ** (anhydrous বা dehydrated salt) বলে। যেমন, সোরা, লবণ, পটাশিয়াম ক্লোরেট প্রভৃতি দেখিতে স্ফটিকাকার কিন্তু ইহাদের স্ফটিকের কেলাস জল থাকে না। কতকগুলি স্ফটিকের বর্ণ কেলাস জলের উপর নির্ভর করে ; যেমন, $CuSO_4, 5H_2O$।

পরীক্ষা :—একটি পরীক্ষা-নলে কয়েক টুকরা নীল বর্ণের তুঁতের স্ফটিক লইয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে তুঁতের স্ফটিকজল বাষ্পীভূত হইয়া পরীক্ষা-নলের গায়ে উপরাংশে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দুর আকারে সঞ্চিত হইয়াছে এবং তুঁতের স্ফটিকগুলি সাদা গুঁড়ায় পরিণত হইয়াছে। এই সাদা গুঁড়া নিরুদক কপার

সালফেট। ইহাতে একফোঁটা জল ফেলিয়া দিলেই ইহা পুনরায় নীল সোদক কপার সালফেটে পরিণত হইবে।

কেলাস জল নির্ণয় :

(**Estimation of water of crystallisation**)

ঢাকনাসহ একটি পরিষ্কার চীনামাটির মুছি (Porcelain crucible) একটি মুষাধারের (clay-pipe triangle) উপর রাখিয়া বুন্‌সেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া শুষ্ক করা হইল। শুষ্ক মুছিটি ঠাণ্ডা হইলে ইহাকে ওজন করা হইল। পুনরায় মুছিটিকে গরম করিয়া ঠাণ্ডা করা হইল এবং ওজন লওয়া হইল। যতক্ষণ পর্যন্ত একটি অপরিবর্তনীয় নির্দিষ্ট ওজন না পাওয়া যায় ততক্ষণ পর্যন্ত এই তিন প্রক্রিয়া চলিতে থাকিবে। একটি নির্দিষ্ট ওজন পাইলে উহাতে কিছু ফটকিরির (alum) কেলাস রাখিয়া মুছিটির পুনরায় ওজন লওয়া হইল। ঢাকনিটি বাদ দিয়া ফটকিরি সমেত মুছিটিকে স্টীম প্রকোষ্ঠে রাখিয়া প্রায় দুই ঘণ্টাকাল উত্তপ্ত করা হয়। ফটকিরি প্রথমে গলিয়া গিয়া আবার জমিয়া যাইবে। তাহার পর মুছিটিকে বায়ু-চুল্লীতে (air-oven) রাখিয়া 200°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া শোষকাধারে রাখিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। ঠাণ্ডা হইলে ঢাকনা সমেত মুছিটির আবার ওজন লওয়া হয়। গরম, ঠাণ্ডা ও ওজন এই তিন প্রক্রিয়া দুই তিনবার করিলে একটি অপরিবর্তিত নির্দিষ্ট ওজন পাওয়া যাইবে।

ঢাকনিসহ মুছির ওজন $= w_1$ গ্রাম

ঢাকনিসহ মুছি + ফটকিরির ওজন $= w_2$ গ্রাম

ঢাকনিসহ মুছি + শুষ্ক ফটকিরির ওজন $= w_3$ গ্রাম

সুতরাং ফটকিরির ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম

কেলাস জলের ওজন $= (w_2 - w_3)$ গ্রাম

অর্থাৎ $(w_2 - w_1)$ গ্রাম ফটকিরির স্ফটিকে আছে $(w_2 - w_3)$ গ্রাম কেলাস জল।

100 গ্রাম ফটকিরির স্ফটিকে আছে $\frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times 100$ গ্রাম কেলাস জল।

প্রকৃত পরীক্ষায় জানা গিয়াছে যে ফটকিরিতে (alum) কেলাস জলের অনুপাত 45·56%।

কোন কোন সোদক কেলাস (hydrated crystal) স্বাভাবিক অবস্থায় বাতাসে উন্মুক্ত রাখিলে আংশিক ভাবে বা সম্পূর্ণরূপে তাহাদের কেলাসজল ত্যাগ করিতে দেখা যায়। ঐ পরিত্যক্ত জল বাতাসে উড়িয়া যায়। কেলাসযুক্ত

স্ফটিকের এরূপ স্বভাবকে বলা হয় **উদত্যাগ** (**Efflorescence**) এবং এরূপ কেলাসকে **উদত্যাগী কেলাস** (**Efflorescent crystal**) বলে। যেমন কাপড়কাচা সোডা (Na_2CO_3, 10 H_2O) বাতাসে কিছুকাল রাখিয়া দিলে তাহার দশটি কেলাসজলের অণুর মধ্যে নয়টি বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায় এবং একটি মাত্র জলের অণু অবশিষ্ট থাকিয়া যায় (Na_2CO_3, H_2O)। তখন স্ফটিকাকার সোডা গুঁড়ায় বা পাউডারে পরিণত হয়। অনেকে এই শেষ কেলাস জলের অণুকে Water of Constitution বলেন। সেইরূপ গ্লবার সল্ট (Na_2 SO_4, 10 H_2O) একটি উদত্যাগী পদার্থ এবং ইহা (Na_2 SO_4, H_2O) এরূপ অবস্থায় পরিণত হয়।

কতকগুলি স্ফটিক বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে বায়ু হইতে জল শোষন করিবার স্বভাব দেখা যায় এবং ক্রমে ক্রমে ঐ শোষিত জল স্ফটিকটি দ্রবীভূত হইয়া একটি সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয। স্ফটিকেব বায়ু হইতে জল শোষণের স্বভাবকে বলা হয় **উদগ্রহ** (**Deliquescence**) এবং স্ফটিককে বলা হয় **উদগ্রাহী কেলাস** (**Deliquescent crystal**)। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$, $6H_2O$), ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$, $6H_2O$), ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$, $6H_2O$) প্রভৃতি উদগ্রাহী পদার্থ। বায়ু হইতে জলাকর্ষণ করিয়া এই সব উদগ্রাহী পদার্থ সিক্ত হইয়া অনেক সময় তরল অবস্থায় পরিণত হয়। সাধারণ লবণ বাতাসে রাখিলে ভিজা (wet) হয় তাহার কারণ উহাতে উদগ্রাহী লবণ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড থাকে। বিশুদ্ধ লবণ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) উদগ্রাহী নহে। যে সকল পদার্থ (কঠিন, তরল বা গ্যাস) জলীয় বাষ্প শোষণ করে তাহাদিগকে **জলাকর্ষী** (**Hygroscopic**) বলে, যথা চুণ, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, সালফিউরিক এ্যাসিড প্রভৃতি। জলাকর্ষী পদার্থ জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া তরলে পরিণত হয়।

দ্রাব্যতার গাণিতিক উদাহরণ ঃ

1. How much water at 30°C will be required to prepare a saturated solution with 120 gms. of Glauber's Salt, its solubility at 30°C being 38·5 ?

[30°C উষ্ণতায় 120 গ্রাম গ্লবার লবণের (Na_2SO_4, $10H_2O$) সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে কি পরিমাণ জলের প্রয়োজন ? 30°C তাপে লবণের দ্রাব্যতা 38·5।]

উত্তর :—30°C উষ্ণতায় 38·5 গ্রাম লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে
জলের প্রয়োজন = 100 গ্রাম

সুতরাং 30°C " 20 গ্রাম লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে

জলের প্রয়োজন = $\frac{100}{38·5} \times 12$[illegible] গ্রাম = 311·6 গ্রাম

2. Determine the solubility of mercuric chloride in water at 60°C, if 15 gms. of the saturated solution contains 2·1 gms. of salt.

[60°C উষ্ণতায় মারকিউরিক ক্লোরাইডের ($HgCl_2$) জলে সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে যদি প্রতি 15 গ্রাম দ্রবণে 2·1 গ্রাম লবণ থাকে, তাহা হইলে মারকিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণীয়তা নির্ণয় কর।]

উত্তর :—15 গ্রাম জলীয় দ্রবণে লবণ আছে . 2·1 গ্রাম।

∴ জলের ওজন ... (15 − 2·1) = 12·9 গ্রাম।

সুতরাং 12·9 গ্রাম জলে মারকিউরিক ক্লোরাইড
লবণ দ্রবীভূত হয় ... = 2·1 গ্রাম।

100 গ্রাম জলে মারকিউরিক ক্লোরাইড

লবণ দ্রবীভূত হয় $= \frac{2·1}{12·9} \times 100 = 16·28$ গ্রাম।

3. A saturated solution of Ammonium chloride at 100°C is cooled to 30°C. Calculate the weight of the salt deposited. Solubility at 100°C and 30°C being 73 and 41 respectively.

[নিশাদলের 100°C উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রবণকে 30°C উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিলে কত ওজনের স্ফটিক অধঃক্ষিপ্ত হইবে নির্ণয় কর। 100°C তাপে এবং 30°C তাপে নিশাদলের দ্রাব্যতা যথাক্রমে 73 এবং 41]

উত্তর :—100°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে
নিশাদল লাগে = 73 গ্রাম।

30°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে *সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে নিশাদল*
লাগে = 41 গ্রাম।

অতএব 100°C হইতে 30°C শীতল করিলে, প্রতি 100 গ্রাম জল হইতে
স্ফটিক পৃথক হইবে = (73 − 41) গ্রাম = 32 গ্রাম।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What do you understand by 'solution' ? How does a solution differ from a compound ?

[দ্রবণ বলিতে কি বুঝ ? দ্রবণ ও যৌগিক পদার্থের প্রভেদ কি ?]

State whether the following solutions are true solution or colloidal solution.

[নিম্নলিখিত দ্রবণগুলি প্রকৃত দ্রবণ না কলয়েড দ্রবণ বল] :—

Soda-water, milk, fog (কুয়াসা), saline water (লবণ জল), curd (দই), tea, tincture iodine.

2. What is a 'saturated' and 'super-saturated' solution ? How can you convert an 'unsaturated solution' into a 'saturated solution' and *vice versa* ? How do you prepare a super-saturated solution of sodium thiosulphate at room temperature ?

[সংপৃক্ত দ্রবণ ও অতিপৃক্ত দ্রবণ কি ? কিভাবে অসংপৃক্ত দ্রবণকে সংপৃক্ত এবং সংপৃক্ত দ্রবণকে অসংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত করা যায় ? গৃহের তাপে কিভাবে সোডিয়াম থায়োসালফেটের দ্রবণ তৈয়ারী করিবে ?]

3. What do you understand by 'solution' and 'solubility' ? Deseribe fully how you would determine the solubility of alum at the room temperature. Why is it necessary to specify the temperature while referring to the solubility of a substance ?

[দ্রবণ ও দ্রাব্যতা বলিতে কি বুঝ ? কিভাবে গৃহের তাপে ফটকিরির দ্রাব্যতা নির্ণয় করিবে বিশদ বিবরণ দাও। একটি পদার্থের দ্রাব্যতা বুঝাইবার জন্য উষ্ণতা নির্দেশ করিবার প্রয়োজন কি ?]

4. 24 gms. of water saturated with silver nitrate at 60°C is cooled to 15°C. Calculate the weight of the salt deposited. Solubilities at 60°C and 15°C are 525 and 196 respectively.

[60°C উষ্ণতায় 24 গ্রাম জলে সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) লবণের সংপৃক্ত দ্রবণকে 15°C উষ্ণতায় শীতল করা হইল। কি পরিমাণ লবণ পৃথক হইবে নির্ণয় কর। 60°C তাপে এবং 15°C তাপে লবণের দ্রাব্যতা যথাক্রমে 525 এবং 196।]

[Ans. = 78·96 গ্রাম]

5. How do you determine the solubility of copper sulphate at temperatures lower and higher than room temperature ?

5·1 gms. of sugar saturates 2·5 gms. of water at 20°C. What is its solubility ?

[গৃহতাপ হইতে উচ্চ ও নিম্ন উষ্ণতায় তুঁতের দ্রাব্যতা কিরূপে নির্ণয় করিবে ?]

[20°C উষ্ণতায় 5·1 গ্রাম চিনি 2·5 গ্রাম জলে দিলে সংপৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী হয়। চিনির দ্রাব্যতা কত হইবে ?] [Ans. = 204]

6. 100 gms. of water dissolve the following weights of ammonium chloride at the temperature mentioned below.

[100 গ্রাম জলে নিম্নলিখিত পরিমাণ নিশাদল নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দ্রবীভূত হয়।]

Temperature—	0°C	10°	20°	30°	40°	50°	60°	80°	100°C
Ammonium chloride—	29	33	37	41	46	51	55	64	73 গ্রাম

Construct the solubility curve of ammonium chloride, and from the curve determine the solubility of ammonium chloride at 25°C, 70°C and 86°C

[নিশাদলের দ্রাব্যতা লেখ অঙ্কন কর, এবং 25°C, 70°C এবং 86°C উষ্ণতায় নিশাদলের দ্রাব্যতা কত হইবে তাহা লেখ হইতে নির্ণয় কর।]

7. What information do you get from the study of solubility curves ?

[দ্রাব্যতা লেখ পাঠ করিয়া কি কি বিষয়ে জানিতে পার ?]

A saturated solution of Potassium nitrate (KNO_3) in 100 gms. of water at 70°C is cooled down to 30°C. What weight of KNO_3 will crystallise out ? Solubilities of KNO_3 at 70°C and 30°C are 180 and 80 respectively.

[70°C উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে সোরার সংপৃক্ত দ্রবণ 30°C উষ্ণতায় শীতল করা হইল। কত ওজনের সোরার স্ফটিক তৈয়ারী হইবে ? 70°C উষ্ণতায় এবং 30°C উষ্ণতায় সোরার দ্রবণীয়তা যথাক্রমে 180 এবং 80।]

[Ans. = 100]

8. What do you observe, when [তুমি কি লক্ষ্য করিবে, যখন]

(i) Soda-water bottle is opened
[সোডা ওয়াটার বোতল খুলিলে]

(ii) Common salt is sprinkled over a block of ice
[একখণ্ড বরফের উপর লবণ ছড়াইয়া দিলে]

(iii) Common salt is dropped over boiling water
[ফুটন্ত জলে লবণ ফেলিয়া দিলে।]

Explain. [ব্যাখ্যা কর।]

9. What is Water of Crystallisation? How would you proceed to determine the water of crystallisation in a sample of pure crystallised copper sulphate or alum ?

[কেলাস জল কি ? কিভাবে বিশুদ্ধ তুঁতের বা ফটকিরির কেলাস হইতে কেলাস জল নির্ণয় করিবে ?]

10. You are given a mixture of common salt and potassium nitrate. How would you obtain pure specimens of both the materials from the solution ?

[তোমাকে সোরা ও লবণের একটি দ্রবণ দেওয়া হইল। কিভাবে এই দ্রবণ হইতে বিশুদ্ধ লবণের ও সোরার দানা পাইবে ?]

11. What is a 'colloid' ? What are the differences between a colloidal solution and a true solution ?

[কলয়েড কি ? কলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণের পার্থক্য কি ?]

12. Explain the following terms :—

[নিম্নলিখিত শব্দগুলির ব্যাখ্যা কর]

Saturated solution, solubility, crystal, crystallisation, hydrated crystal (সোদক কেলাস), effloresence (উদত্যাগী), deliquesence (উদগ্রাহী), hygroscopic (জলাকর্ষী) ।

১৯

রাসায়নিক গণনা

(Chemical Calculation)

পদার্থের ওজন ও আয়তন ঃ মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন, সংকেত ও সমীকরণের সহায়তায় বিভিন্ন প্রকারের রাসায়নিক গণনা সম্ভব। বিভিন্ন উপাদানে গঠিত কোন পদার্থের উপাদানগুলির শতকরা হিসাব নির্ণয়, পদার্থের অবস্থার উপর নির্ভর করে।

কঠিন পদার্থের শতকরা পরিমাণ ওজন বা গুরুত্ব হিসাবে লেখা হয়।

তরল পদার্থের শতকরা পরিমাণ ওজন বা আয়তন হিসাবে লেখা হয়।

গ্যাসীয় পদার্থের শতকরা পরিমাণ আয়তন হিসাবে লেখা হয়।

সকল পদার্থের ক্ষেত্রেই, ওজন, আয়তন ও ঘনত্বের একটি পারস্পরিক সম্পর্ক আছে। এই সম্পর্ককে নিম্নোক্ত সূত্রে প্রকাশ করা যায়—

ওজন = আয়তন × ঘনত্ব

১। 20% সালফিউরিক এ্যাসিডের অর্থ কি ?

উত্তর—(i) 100 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিড দ্রবণে আছে 20 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিড, অথবা (ii) 100 c.c. সালফিউরিক এ্যাসিড দ্রবণে আছে 20 c.c. সালফিউরিক এ্যাসিড।

২। বিশুদ্ধ নাইট্রিক এ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·522 হইলে, 200 c.c. ঐরূপ এ্যাসিডের ওজন নির্ণয় কর।

ঐরূপ এ্যাসিড, কি আয়তনে লইলে, 200 গ্রাম ওজন পাওয়া যাইবে ?

উত্তর—1 c.c. এ্যাসিডের ওজন = 1·522 গ্রাম

200 c.c. " " = 1·522 × 200 গ্রাম = 304·4 গ্রাম

আবার 1·522 গ্রাম = 1 c.c. এ্যাসিডের ওজন

$\therefore$ 200 গ্রাম = $\frac{1}{1\cdot522} \times 200$ = 131·4 c.c. এ্যাসিডের ওজন।

৩। এক লিটার (1000 c.c.) 50% নাইট্রিক এ্যাসিডে খাঁটি নাইট্রিক এ্যাসিডের পরিমাণ ওজন হিসাবে বাহির কর। নাইট্রিক এ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·4।

উত্তর—1 c.c. নাইট্রিক এ্যাসিডের ওজন = 1·4 গ্রাম

1000 c.c. " " " = 1·4 × 1000 গ্রাম

= 1400 গ্রাম

100 গ্রাম নাইট্রিক এ্যাসিডে খাঁটি এ্যাসিড আছে $=50$ গ্রাম

$\therefore$ 1400 গ্রাম " " " " " $=\frac{50}{100}\times 1400$ গ্রাম

$=700$ গ্রাম

অতএব এক লিটার 50% নাইট্রিক এ্যাসিডে আছে 700 গ্রাম খাঁটি এ্যাসিড।

যৌগের সংকেত হইতে উপাদানসমূহের শতকরা হার নির্ণয় :—

যৌগিক পদার্থের সংকেত হইতে উহার মৌলগুলির পারমাণবিক গুরুত্বসমূহ যোগ করিয়া যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্ব জানা যায়। পদার্থটির আণবিক গুরুত্বের পরিমাণে কোন্ উপাদান কতটুকু আছে তাহাও জানা যায়। এখন মৌলিক উপাদানের পরিমাণকে যৌগের আণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিয়া ভাগফলকে 100 দ্বারা গুণ করিলে তাহাদের স্ব স্ব শতকরা হার পাওয়া যায়।

১। সালফিউরিক এ্যাসিডের মৌলিক পদার্থের শতকরা গঠন স্থির কর।

উত্তর :—সালফিউরিক এ্যাসিডের আণবিক সংকেত $=H_2SO_4$

পারমাণবিক ওজন হিসাবে $H_2=2\times 1=2$

" " " $S=32$

" " " $O_4=4\times 16=64$

$\therefore$ সালফিউরিক এ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব $=98$

98 ভাগ সালফিউরিক এ্যাসিডে হাইড্রোজেনের পরিমাণ $=2$ ভাগ

$\therefore$ 100 ভাগ " " " " $=\frac{2}{98}\times 100$ ভাগ

$=2{\cdot}041$ ভাগ

98 ভাগ সালফিউরিক এ্যাসিডে সালফারের পরিমাণ $=32$ ভাগ

$\therefore$ 100 ভাগ " " " " $=\frac{32}{98}\times 100$ ভাগ

$=32{\cdot}653$ ভাগ

98 ভাগ সালফিউরিক এ্যাসিডে অক্সিজেনের পরিমাণ $=64$ ভাগ

$\therefore$ 100 ভাগ " " " " $=\frac{64}{98}\times 100$ ভাগ

$=65{\cdot}306$ ভাগ

সুতরাং সালফিউরিক এ্যাসিডে আছে… $H=2{\cdot}041\%$

$S=32{\cdot}653\%$

$O=65{\cdot}306\%$

২। পটাশিয়াম ক্লোরেটে মৌলিক পদার্থের শতকরা হার নির্ণয় কর।

উত্তর :—পটাশিয়াম ক্লোরেটের আণবিক সংকেত = $KClO_3$

পারমাণবিক ওজন হিসাবে K = 39·0

Cl = 35·5

$O_3 = 3 \times 16 = 48·0$

∴ পটাশিয়াম ক্লোরেটের আণবিক গুরুত্ব = 122·5

অতএব পটাশিয়ামের পরিমাণ = $\frac{39}{122·5} \times 100 = 31·84$ %

ক্লোরিনের পরিমাণ = $\frac{35·5}{122·5} \times 100 = 28·\ 8$ %

অকসিজেনের পরিমাণ = $\frac{48}{122·5} \times 100 = 39·18$ %

৩। কাপডকাচা সোডার কেলাসে স্ফটিক জলের শতকরা হিসাব নির্ণয় কর।

উত্তর :—কাপডকাচা সোডার আণবিক সংকেত = $Na_2CO_3,\ 10H_2O$

পারমাণবিক ওজন হিসাবে $Na_2 = 2 \times 23 = 46$

$C = 1 \times 12 = 12$

$O_3 = 3 \times 16 = 48$

$10H_2O = 10 \times 18 = 180$

সোডার আণবিক গুরুত্ব = 286

286 ভাগ সোডার কেলাসে আছে 180 ভাগ জল

∴ 100 ভাগ " " " $\frac{180}{286} \times 100$ ভাগ জল

= 62·96% স্ফটিক জল।

কোন কোন সময় যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলির পরিমাণ সোজাসুজি বাহির করা হয় না, অন্য কোন যৌগ বা মূলকরূপে বাহির করা হয়।

৪। ক্যালসিয়াম ফসফেটে ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের শতকরা হিসাব নির্ণয় কর।

উত্তর :—ক্যালসিয়াম ফসফেটের আণবিক সংকেত = $Ca_3(PO_4)_2$

অথবা ক্যালসিয়াম ফসফেটকে '$3CaO,\ P_2O_5$' রূপে মনে করা যাইতে পারে।

পারমাণবিক ওজন হিসাবে $3Ca = 3 \times 40 = 120$

$3O = 3 \times 16 = 48$

$P_2 = 2 \times 31 = 62$

$O_5 = 5 \times 16 = 80$

ক্যালসিয়াম ফসফেটের আণবিক গুরুত্ব = 310

ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব = 142

অতএব 310 ভাগ ক্যালসিয়াম ফসফেটে 142 ভাগ P_2O_5 পাওয়া যায়।

100 ভাগ " " $\frac{142}{310} \times 100$ ভাগ P_2O_5 " "

$= 45.8\%$

যৌগের শতকরা সংযুতি (Percentage Composition) হইতে স্থূল সংকেত (Empirical Formula) ও আণবিক সংকেত (Molecular Formula) নির্ণয় :—

কোন যৌগিক পদার্থের উপাদানসমূহের শতকরা মাত্রা সংযুতি হইতে যৌগিক পদার্থের যে সরলতম সংকেত নির্ণয় করা হয় তাহাকে **স্থূল সংকেত** (Empirical Formula) বলা হয়। এই সংকেতে, যৌগিক পদার্থের প্রতি অণুতে প্রতিটি মৌল, যে আপেক্ষিক পরমাণু সংখ্যায় বর্তমান থাকে, তাহা নির্দেশ করিয়া থাকে।

ধরা যাক, A ও B দুইটি মৌল যুক্ত হইয়া একটি যৌগ AB গঠন করে। যৌগটিব মধ্যে শতকবা মাত্রা সংযুতি যথাক্রমে $A = p\%$ এবং $B = q\%$।

যদি A-র একটি অণুতে x সংখ্যক পরমাণু থাকে এবং B-র একটি অণুতে y সংখ্যক পরমাণু থাকে, তাহা হইলে A ও B-এর পরমাণু সংখ্যার অনুপাত x ও y। অতএব যৌগিকটিব সরলতম সংকেত হইবে $A_x B_y$। যদি A ও B-এর পারমাণবিক ভার যথাক্রমে a ও b হয় তাহা হইলে A মৌলের ওজন ax ও B মৌলের ওজন by এবং যৌগটির আণবিক ভার হইবে $ax+by$।

$$\text{অতএব A-র শতকবা হার} = \frac{ax}{ax+by} \times 100 = p$$

$$\text{B-র শতকরা হার} = \frac{by}{ax+by} \times 100 = q$$

$$\text{সুতরাং } \frac{p}{q} = \frac{ax}{by} \quad \text{অর্থাৎ } \frac{pb}{qa} = \frac{x}{y}$$

বা $\frac{p}{a} : \frac{q}{b} = x : y =$ A-র পরমাণু সংখ্যা : B-র পরমাণু সংখ্যা

অর্থাৎ যৌগটির মধ্যে, বর্তমান প্রতিটি মৌলের শতকরা মাত্রাকে তাহাদের যথাক্রম পারমাণবিক ভার দিয়া ভাগ করিলে, যে সংখ্যাগুলি পাওয়া যায় তাহাই যৌগিক পদার্থের মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যা নির্দেশ করে। এইরূপে প্রাপ্ত পরমাণু সংখ্যার সহযোগে যে আণবিক সংকেত লিখিত হয় তাহাকে **স্থূল সংকেত** (Empirical Formula) বলা হয়।

কোন কোন ক্ষেত্রে প্রাপ্ত পরমাণু সংখ্যাগুলি ভগ্নাংশ হয়। যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য, ভগ্নাংশরূপে পরমাণু সংখ্যার অস্তিত্ব সম্ভব নয়। এইরূপ ক্ষেত্রে পরমাণু সংখ্যাগুলির মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যাটির দ্বারা সকল সংখ্যাগুলিকে ভাগ করিয়া পরমাণু সংখ্যাগুলিকে পূর্ণসংখ্যায় পরিবর্তিত করিতে হয়। ভাগ করিবার পর পরমাণু সংখ্যা পুর্ণ সংখ্যা হইতে সামান্য কম বেশী থাকিলে উহাদেব আসন্ন পূর্ণসংখ্যা গ্রহণ করিতে হয়।

অতএব যৌগিক পদার্থের স্থূল সংকেত নির্ণয় করিতে হইলে—

(১) প্রতিটি মৌলের শতকরা মাত্রাকে, যথাক্রম পারমাণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিয়া মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত নির্ণয় করিতে হয়।

(২) এই অনুপাতগুলির মধ্য হইতে ক্ষুদ্রতম রাশিটির দ্বারা প্রতিটি অনুপাত সংখ্যাকে ভাগ করিতে হয়।

(৩) ভাগ করিবার পর কোন রাশি পুর্ণসংখ্যা না হইলে আসন্ন পূর্ণ সংখ্যাটি গ্রহণ করিতে হয়।

(৪) মৌলগুলিকে প্রাপ্ত পরমাণু সংখ্যা দ্বারা যুক্ত করিয়া তাহাদের সহযোগে স্থূল সংকেত লিখিতে হয়।

স্থূল সংকেতে উপাদান পরমাণুগুলি সংখ্যা হিসাবে যে অনুপাতে যুক্ত তাহাই জানা যায়। ইহা হইতে যৌগটির একটি অণুতে কয়টি পরমাণু বর্তমান তাহা জানা সম্ভব নয়। যে সংকেতে প্রকৃত পরমাণু সংখ্যা নির্দেশিত হয় সেই সংকেতকে **প্রকৃত বা আণবিক সংকেত** (**True or Molecular Formula**) বলা হয়। কোন যৌগের আণবিক সংকেত জানিতে হইলে উহার আণবিক ভার জানা প্রয়োজন।

উদাহরণ স্বরূপ ধরা বাক, C, H এবং O দ্বারা গঠিত মিথাইল এ্যালকোহল নামক যৌগে পরমাণুগুলির অনুপাত 1 : 4 : 1, অতএব যৌগটির স্থূল সংকেত হইবে CH_4O। কিন্তু যৌগটির সংকেত $(CH_4O)_2$, $(CH_4O)_3$, প্রভৃতি লিখিলেও দেখা যায় যে, প্রতিটি সংকেতে C, H, O-এর পরমাণুগুলির অনুপাত সর্বদা সমান থাকে। সুতরাং উপরিউক্ত সংকেতগুলির মধ্যে কোন্‌টি যৌগটির প্রকৃত সংকেত তাহা বলা যায় না।

এখন যদি CH_4O সংকেতটিকেই প্রকৃত সংকেত বলিয়া ধরা যায়, তাহা হইলে যৌগটির আণবিক ভার হইবে (12+4+16) বা 32। সেইরূপে $(CH_4O)_2$কে প্রকৃত সংকেত বলিয়া ধরিলে যৌগটির আণবিক ভার হইবে $(12+4+16)\times 2$ বা 64। অনুরূপভাবে $(CH_4O)_3$ আণবিক ভার হইবে

32×3 বা 96, ইত্যাদি। সুতরাং যৌগটির আণবিক ভার জানা থাকিলে প্রকৃত সংকেত তৎক্ষণাৎ নির্বাচন করা সম্ভব। আণবিক ভার জানিতে হইলে বাষ্পঘনত্ব জানা প্রয়োজন। কারণ আণবিক ভার $= 2 \times$ বাষ্পঘনত্ব।*

সুতরাং মিথাইল এ্যালকোহলের স্থূল সংকেত যদি CH_4O হয় এবং আণবিক সংকেত যদি $(CH_4O)n$ হয়, n একটি পূর্ণসংখ্যা এবং ইহার বাষ্পঘনত্ব যদি 16 হয়, তাহা হইলে মিথাইল এ্যালকোহলের আণবিক ভার $= 2 \times 16$
$= 32$

$$\therefore \quad (CH_4O)n = 32$$

বা $(12+4+16)n = 32$ বা $32n = 32$ বা $n = 1$

সুতরাং মিথাইল এ্যালকোহলের আণবিক সংকেত $= CH_4O$

১। মার্বেল পাথরে ক্যালসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেনের ওজন হিসাবে উপাদানগুলির অনুপাত $Ca : O : C = 5 : 6 : 1 \cdot 5$। মার্বেলের স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর :—ওজন অনুপাতে $Ca : O : C = 5 : 6 : 1 \cdot 5$

পরমাণু সংখ্যা অনুপাতে

$$Ca = \frac{5}{40} = \frac{1}{8} \qquad O = \frac{6}{16} = \frac{3}{8} \qquad C = \frac{1 \cdot 5}{12} = \frac{1}{8}$$

ক্ষুদ্রতম সংখ্যা $\frac{1}{8}$ দিয়া ভাগ করিলে, পরমাণুগুলির সরল অনুপাত—

$$Ca : O : C = 1 : 3 : 1$$

অতএব মার্বেলের স্থূল সংকেত CaO_3C বা $CaCO_3$

২। একটি যৌগিক পদার্থে আছে—

$O = 38 \cdot 1\%$, $H = \cdot 8\%$, $P = 24 \cdot 6\%$, $Na = 36 \cdot 5\%$, যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর :—পরমাণু সংখ্যা অনুপাতে,

$$O = \frac{38 \cdot 1}{16} = 2 \cdot 4 \qquad H = \frac{\cdot 8}{1} = \cdot 8$$

$$P = \frac{24 \cdot 6}{31} = \cdot 8 \qquad Na = \frac{36 \cdot 5}{23} = 1 \cdot 6$$

ক্ষুদ্রতম সংখ্যা ·8 দিয়া ভাগ করিলে, পরমাণুগুলির সরল অনুপাত—

$$O = \frac{2 \cdot 4}{\cdot 8} = 3 \qquad H = \frac{\cdot 8}{\cdot 8} = 1$$

$$P = \frac{\cdot 8}{\cdot 8} = 1 \qquad Na = \frac{1 \cdot 6}{\cdot 8} = 2$$

অতএব পদার্থটির স্থূল সংকেত Na_2HPO_3

* বাষ্পঘনত্বের বিশদ বিবরণ ২য় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।

৩। কার্বন ও হাইড্রোজেনের কোন যৌগিকে আছে $C=80\%$, $H=20\%$। ইহার আণবিক ভার 30। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর :—পরমাণু সংখ্যা অনুপাতে. $C=\frac{80}{12}=6.7 \quad H=\frac{20}{1}=20$

ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 6·7 দ্বারা ভাগ করিলে, $C=\frac{6.7}{6.7}=1 \quad H=\frac{20}{6.7}=3$

অতএব ইহার স্থূল সংকেত $=CH_3$

ধরা যাক যৌগটির আণবিক সংকেত $(CH_3)n$, n একটি পূর্ণ সংখ্যা।

অতএব $(CH_3)n=30$

বা $(12+3)n=30$ বা $15n=30$ সুতরাং $n=2$

অতএব আণবিক সংকেত $(CH_3)_2$ বা C_2H_6

৪। কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন লইয়া গঠিত একটি পদার্থে আছে, $C=40\%$, $H=6.67\%$, এবং ইহার আণবিক ভার 180; পদার্থটির আণবিক সংকেত বাহির কর।

উত্তর :—মৌল উপাদানগুলির শতকরা হার, $C=40\%$, $H=6.67\%$

$O=100-(40+6.67)=53.33\%$

পরমাণু সংখ্যা অনুপাতে,

$$C=\frac{40}{12}=3.33 \qquad H=\frac{6.67}{1}=6.67 \qquad O=\frac{53.33}{16}=3.33$$

ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 3·33 দ্বারা ভাগ করিলে—

$$C=\frac{3.33}{3.33}=1 \qquad H=\frac{6.67}{3.33}=2 \qquad O=\frac{3.33}{3.33}=1$$

সুতরাং পদার্থটির স্থূল সংকেত CH_2O

ধরা যাক্, ইহার আণবিক সংকেত $(CH_2O)n$, n একটি পূর্ণ সংখ্যা।

অতএব, $(CH_2O)n=180$

বা $(12+2+16)n=180$, বা $30n=180$, বা $n=6$

অতএব পদার্থটির আণবিক সংকেত $(CH_2O)_6$ বা $C_6H_{12}O_6$

৫। একটি স্ফটিকাকার বস্তুর বিশ্লেষণে পাওয়া যায়,

$Mg=9.76\%$, $O=26.01\%$, $S=13.01\%$, $H_2O=51.22\%$

বস্তুটির সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর :—পরমাণু সংখ্যা অনুপাতে,

$$Mg=\frac{9.76}{24.3}=\cdot4 \qquad S=\frac{13.01}{32}=\cdot4$$

$$O=\frac{26.01}{16}=1.6 \qquad H_2O=\frac{51.22}{18}=2.8$$

ক্ষুদ্রতম সংখ্যা ·4 দিয়া ভাগ করিলে,

$$Mg = \frac{\cdot 4}{\cdot 4} = 1 \qquad S = \frac{\cdot 4}{\cdot 4} = 1$$

$$O = \frac{1\cdot 6}{\cdot 4} = 4 \qquad H_2O = \frac{2\cdot 8}{\cdot 4} = 7$$

সুতরাং $Mg : S : O : H_2O :: 1 : 1 : 4 : 7$

অতএব বস্তুটির সংকেত $= Mg\ SO_4, 7H_2O$

৬। একটি যৌগিক পদার্থে আছে,

$Na = 14\cdot 31\%$, $S = 9\cdot 97\%$, $H = 6\cdot 25\%$, $O = 69\cdot 47\%$

পদার্থটির গঠনের অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন আছে জলরূপে। পদার্থটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

উত্তর :—পরমাণু সংখ্যা অনুপাতে

$$Na = \frac{14\cdot 31}{23} = \cdot 62 \qquad S = \frac{9\cdot 97}{32} = \cdot 31$$

$$H = \frac{6\cdot 25}{1} = 6\cdot 25 \qquad O = \frac{69\cdot 47}{16} = 4\cdot 34$$

ক্ষুদ্রতম সংখ্যা ·31 দ্বারা ভাগ করিলে—

$$Na = \frac{\cdot 61}{\cdot 31} = 2, \qquad S = \frac{\cdot 31}{\cdot 31} = 1$$

$$H = \frac{6\cdot 25}{\cdot 31} = 20, \qquad O = \frac{4\cdot 34}{\cdot 31} = 14$$

অতএব $Na : S : H : O :: 2 : 1 : 20 : 14$

সুতরাং পদার্থটির স্থূল সংকেত $Na_2SH_{20}O_{14}$,

কিন্তু পদার্থটির হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে জলরূপে। 20টি পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত 10টি পরমাণু অক্সিজেন মিলিত হইয়া 10টি অণু জল গঠন করে। সুতরাং পদার্থটির আণবিক সংকেত $Na_2SO_4, 10H_2O$।

৭। একটি গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থ কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত। উহার বাষ্প ঘনত্ব 27 এবং উহাতে কার্বন আছে 88·88%। উহার আণবিক সংকেত বাহির কর।

উত্তর :—মৌল উপাদান দুইটির শতকরা হার,

$$C = 88\cdot 88\% ; \quad H = (100 - 88\cdot 88) = 11\cdot 12\%$$

পরমাণু সংখ্যা অনুপাতে, $C=\frac{88.88}{12}=7.407$

$$H=\frac{11.12}{1}=11.12$$

ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 7·407 দ্বারা ভাগ করিয়া, $C=\frac{7.407}{7.407}=1$

$$H=\frac{11.12}{7.407}=1.5$$

পরমাণুর অনুপাত পূর্ণসংখ্যা না হওয়ায়, 2 দ্বারা গুণ করিয়া পাই,

$C:H::2:3$

অতএব পদার্থটির স্থূল সংকেত C_2H_3

ধরা যাক্ ইহার আণবিক সংকেত $(C_2H_3)n$, n একটি পূর্ণ সংখ্যা। পদার্থটির বাষ্প ঘনত্ব $=27$

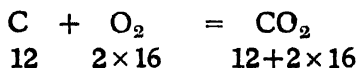
অতএব পদার্থ টির আণবিক ভার $=2\times27=54$

সুতরাং $(C_2H_3)n=54$ বা $(2\times12+3)n=54$, বা $27n=54$ বা $n=2$

অতএব পদার্থটির আণবিক সংকেত C_4H_6

সমীকরণের সহায়তায় রাসায়নিক গণনা :
(Calculations depending upon Chemical equations)

কোন নির্দিষ্ট রাসায়নিক পরিবর্তনে কতখানি পদার্থ প্রয়োজন, অথবা নির্দিষ্ট পরিমাণ বিক্রিয়ক হইতে কি পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা সমীকবণের সাহায্যে সহজেই নির্ণয় করা যায়। উদাহরণস্বরূপ ধরা যাক, কার্বন বাতাসে দহন হইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$\begin{array}{ccccc} C & + & O_2 & = & CO_2 \\ 12 & & 2\times16 & & 12+2\times16 \end{array}$$

এই সমীকরণ হইতে (i) 12 গ্রাম কার্বনের জারণে 32 গ্রাম অক্সিজেনের প্রয়োজন এবং জারণের ফলে উৎপন্ন কাবন ডাই-অকসাইডের পরিমাণ অর্থাৎ 44 গ্রাম তাহাও জানা যায়, (ii) 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করিবার জন্য কি পরিমাণ কার্বন ও কি পরিমাণ অক্সিজেন প্রয়োজন তাহা জানা যায়।

সমীকরণে নির্দেশিত ওজনগুলি আপেক্ষিক অনুপাত মাত্র। সুতরাং

ওজনের যে-কোন এককই নির্বাচন করা যাক্, অনুপাতগুলি সর্বদাই এক থাকে।

১। 100 গ্রাম জল তৈয়ারী করিতে কত গ্রাম হাইড্রোজেন ও কত গ্রাম অক্সিজেন লাগিবে ?

উত্তর :—জলের সমীকরণ, $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

অর্থাৎ 2×2 2×16 $2(2+16)$

বা 4 32 36

সুতরাং 36 গ্রাম জল তৈয়ারী কবিতে হাইড্রোজেন লাগে ... 4 গ্রাম

অতএব 100 গ্রাম " " " " " $\frac{4}{36}\times100$ গ্রাম

$=11{\cdot}11$ গ্রাম

এবং 36 গ্রাম জল তৈযাবী কবিতে অক্সিজেন লাগে 32 গ্রাম

অতএব 100 গ্রাম " " " " " $\frac{32}{36}\times100$ গাম

$=88{\cdot}89$ গ্রাম

অতএব হাইড্রোজেনের প্রয়োজন 11·11 গ্রাম এবং অকসিজেনের প্রযোজন 88·89 গ্রাম।

২। একমণ লৌহচুরেব উপর দিয়া স্টীম চালিত করিলে উৎপন্ন আয়রণ অক্সাইড কতখানি পাওয়া যাইবে ?

উত্তর :— $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$

অর্থাৎ 3×56 $3\times56+4\times16$

বা 168 232

সুতরাং 168 মণ লৌহ্ হইতে 232 মণ আয়বণ অকসাইড পাওয়া যায।

অতএব 1 মণ " " $\frac{232}{168}\times1$ মণ " " " "

$=1{\cdot}38$ মণ " " " "

৩। 200 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড হইতে যতটা অক্সিজেন পাওয়া যায়, ততটা অক্সিজেন তৈয়ারী করিতে হইলে কতটা পটাশিয়াম ক্লোরেটের প্রয়োজন ?

উত্তর :— $2HgO = 2Hg + O_2$

অর্থাৎ $2(200+16)$ 2×16

বা 432 32

সুতরাং 432 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায় 32 গ্রাম।

অতএব 200 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায়

$\frac{32}{432} \times 200$ গ্রাম $= 14 \cdot 8$ গ্রাম

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

অর্থাৎ $2(39 + 35 \cdot 5 + 3 \times 16)$ $\quad 3(2 \times 16)$

বা 245 $\quad$ 96

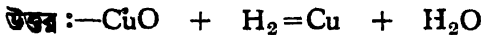
সুতরাং 96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায় 245 গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরেট হইতে

অতএব 14·8 গ্রাম " " " $\frac{245}{96} \times 14 \cdot 8$ গ্রাম " "

$= 37 \cdot 78$ গ্রাম

অতএব পটাশিয়াম ক্লোরেটের প্রয়োজন $= 37 \cdot 78$ গ্রাম।

৪। 8·5 গ্রাম কপার অক্সাইড বিজারিত করিতে যতটা হাইড্রোজেন লাগে ততটা হাইড্রোজেন তৈয়ারী করিতে কতটা জিংক এবং সালফিউরিক এ্যাসিড প্রয়োজন?

উত্তর :— $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

অর্থাৎ $63 \cdot 5 + 16$ $\quad 2$

বা $79 \cdot 5$ $\quad 2$

সুতরাং 79·5 গ্রাম কপার অক্সাইড বিজারিত করিতে লাগে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন

অতএব 8·5 গ্রাম " " " " $\frac{2}{79 \cdot 5} \times 8 \cdot 5$ গ্রাম "

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

অর্থাৎ 65 $\quad (2 + 32 + 4 \times 16)$ $\quad 2$

বা 65 $\quad 98$ $\quad 2$

2 গ্রাম হাইড্রোজেন তৈয়ারী করিতে 65 গ্রাম জিংক লাগে

অতএব $\frac{2 \times 8 \cdot 5}{79 \cdot 5}$ গ্রাম " " $\frac{65}{2} \times \frac{2 \times 8 \cdot 5}{79 \cdot 5}$ গ্রাম "

$= 6 \cdot 94$ গ্রাম

আবার 2 গ্রাম হাইড্রোজেন তৈয়ারী করিতে 98 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিড লাগে

অতএব $\frac{2 \times 8 \cdot 5}{79 \cdot 5}$ গ্রাম " " " $\frac{98}{2} \times \frac{2 \times 8 \cdot 5}{79 \cdot 5}$ গ্রাম " "

$= 10 \cdot 47$ গ্রাম

সুতরাং জিংকের প্রয়োজন = 6·94 গ্রাম

এবং সালফিউরিক এ্যাসিডের প্রয়োজন = 10·47 গ্রাম

৫। 7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট লইয়া, উহার দ্বিগুণ পরিমাণ লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড বিক্রিয়া করান হইল, বিক্রিয়া শেষে দেখা গেল যে, ·7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট অদ্রবীভূত আছে। ব্যবহৃত এ্যাসিডটির শক্তি শতকরা হিসাবে নির্ণয় কর।

উত্তর :—·7 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট অদ্রবীভূত থাকায়, ব্যবহৃত ম্যাগনেসিযাম কার্বনেটের পরিমাণ (7 – ·7) গ্রাম = 6·3 গ্রাম

এখন $MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + CO_2 + H_2O$

অর্থাৎ $(24+12+3\times16)\ (2+32+4\times16)$

বা 84 98

সুতরাং 84 গ্রাম ম্যাগনেসিযাম কার্বনেট দ্রবীভূত করিতে এ্যাসিড লাগে 98 গ্রাম

অতএব 6·3 গ্রাম " " " " " $\frac{98}{84}\times6{\cdot}3$ গ্রাম

= 7·35 গ্রাম

এখন, ব্যবহৃত সালফিউরিক এ্যাসিডের পরিমাণ = 2 × 7 গ্রাম = 14 গ্রাম

কিন্তু 14 গ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিডের মধ্যে প্রকৃত এ্যাসিডের পরিমাণ

= 7·35 গ্রাম

সুতরাং 100 গ্রাম " " " " " "

$= \frac{7{\cdot}35}{14}\times100$ গ্রাম

= 52·5 গ্রাম

অতএব লঘু সালফিউরিক এ্যাসিডের শক্তি = 52·5%

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What do you mean by 65% Nitric acid ?

[65% নাইট্রিক এ্যাসিড বলিতে কি বুঝ ?]

2. Calculate the amount of Pure Nitric acid in grammes present in 1 litre 70% nitric acid. Sp. Gr. of Nitric acid = 1·42.

[এক লিটার 70% নাইট্রিক এ্যাসিডে খাঁটি এ্যাসিডের পরিমাণ ওজনে বাহির কর। নাইট্রিক এ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1·42]

[Ans. 994 gms.]

3. Calculate the amount of pure nitric acid by weight in 10 c.c. of 65% commercial nitric acid of Sp. Gr. 1·4.

[10 c.c. 65% বাণিজ্যিক নাইট্রিক এ্যাসিডে কত পরিমাণ খাঁটি এ্যাসিড আছে ওজনে বাহির কর। নাইট্রিক এ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·4]

Ans. 9·1 gms.]

4. Calculate the percentage composition of :
[শতকরা গঠন নির্ণয় কর] :—

(a) Water (H_2O), (b) Nitric acid (HNO_3), (c) Marble ($CaCO_3$), (d) Alcohol (C_2H_6O), (e) Common salt (NaCl).

[Ans. (a) H=11·1%, O=88·9% ; (b) H=1·59%, N=22·22%, O=76·19% ; (c) Ca=40%, C=12%, O=48% ; (d) C=52·17%, H=13·04%, O=34·78% , (e) Na=39·31%, Cl=60 69%]

5. (i) Calculate the percentage composition of calcium carbonate ; (ii) What percentage of carbon dioxide does it contain ?

[ক্যালসিয়াম কার্বনেটে উপাদানগুলির শতকরা হার নির্ণয় কর , ইহার মধ্যে শতকরা কত ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে।] [Ans. (ii) 44]

6. Find the percentage of [শতকরা হার নির্ণয় কর] :—

(i) Chlorine in carnalite (KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) ; (ii) lead in white lead [$2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$] ; (iii) Phosphorus Pentoxide in phosphate of soda (Na_2HPO_4, $12H_2O$)

[Ans. (i) 38·36% ; (ii) 80·13% ; (iii) 19·83%]

7. Find the percentage amount of water of crystallisation in [স্ফটিক জলের শতকরা হার নির্ণয় কর] :—

(i) blue vitriol ($CuSO_4$, $5H_2O$) , (ii) Green vitriol ($FeSO_4$, $7H_2O$) ; (iii) Epsom salt ($MgSO_4$, $7H_2O$) ; (iv) Calcium chloride ($CaCl_2$, $6H_2O$)

[Ans. (i) 36·07% ; (ii) 45·32% ; (iii) 51·22% ; (iv) 49·31%]

8. A Compound on analysis gave the following percentage composition, C=54·54%, O=36·37%, H=9·09%.

Its molecular weight is 88. Find its molecular formula.

[একটি যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করিয়া পাওয়া যায়, C=54·54%, O=36·37%, H=9·09%। পদার্থটির আণবিক ভার 88। ইহার আণবিক সংকেত বাহির কর।] [Ans. $C_4H_8O_2$]

9. The percentage of Hydrogen, Nitrogen and Oxygen in a chemical compound are respectively 1·59, 22·22, and 76·19. Find out its Empirical formula.

[কোন যৌগিক পদার্থে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা হার যথাক্রমে 1·59%, 22·22% ও 76·19%। ইহার স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।]
[Ans. HNO_3]

10. Two oxides of a metal contain 27·6% and 30% of Oxygen respectively. If the formula of first oxide be M_3O_4, find that of the second.

[একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডের মধ্যে যথাক্রমে 27·6% এবং 30% অক্সিজেন আছে। যদি প্রথম অক্সাইডটির সংকেত M_3O_4 হয়, দ্বিতীয়টির সংকেত নির্ণয় কর।] [Ans. M_2O_3]

11. A Compound of C, H and O contains 42·105% Carbon, 6·432% Hydrogen and the rest oxygen. Its molecular weight is 342. Calculate the formula.

[কার্বন, হাইড্রোজেন ও অকসিজেনের একটি যৌগে আছে C = 42·105%, H = 6·432% এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন। যৌগটির আণবিক ভার 342, সংকেত নির্ণয় কর।] [Ans. $C_{12}H_{22}O_{11}$]

12 A compound contains 82·74% Carbon and 17·26% Hydrogen. Its vapour density is 29. Find the formula.

[একটি যৌগে আছে C = 82·74%, এবং H = 17·26%। ইহার বাষ্প ঘনত্ব 29। ইহার সংকেত নির্ণয় কর।] [Ans. C_4H_{10}]

13. A crystalline salt contains 18·55% Sodium, 25·81% Sulphur, 19·35% Oxygen (which is not present as water) and 36·29% water of crystallisation. What is its formula?

[একটি স্ফটিকাকার পদার্থে আছে Na = 18·55%, S = 25·81%, O = 19·35% (যাহা জলরূপে নাই) এবং 36·29% স্ফটিক জল। ইহার সংকেত কি হইবে ?] [Ans. $Na_2S_2O_3, 5H_2O$]

14. A gaseous hydrocarbon contains 85·71% of carbon and 14·29% of Hydrogen. Its vapour density is 14. What is its molecular formula ?

[একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে আছে C = 85·71% এবং H = 14·29%। ইহার বাষ্প ঘনত্ব 14। ইহার আণবিক সংকেত কত হইবে ?]
[Ans. C_2H_4]

15. A substance containing Carbon, Hydrogen and Oxygen is found to contain carbon 32% and hydrogen 4%. Its molecular weight is 150. Find its molecular formula.

[কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত একটি যৌগে আছে C = 32% এবং H = 4%। ইহার আণবিক ভার 150। ইহার আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।] [Ans. $C_4H_6O_6$]

16. An oxide of copper gave the following results: 88·8 parts of copper and 11·2 parts of oxygen by weight. What may be the formula of the oxide ?

[কপারের একটি অক্সাইডে পাওয়া যায় ওজন হিসাবে 88·8 ভাগ কপার ও 11·2 ভাগ অক্সিজেন। অক্সাইডের সংকেত কি হইতে পারে ?]

[Ans. Cu_2O]

17. How much potassium chlorate will be required to obtain 10 gms. of oxygen ?

[10 গ্রাম অক্সিজেন তৈয়ারী করিতে কত গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরেটের প্রয়োজন ?] [Ans. 25·52 gms.]

18. Limestone ($CaCO_3$) on heating is decomposed into lime (CaO) and carbon dioxide. How much lime can be obtained from 10 tons of limestone ?

[চুণাপাথরকে উত্তপ্ত করিলে ইহা বিয়োজিত হইয়া চুণ ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। 10 টন চুণাপাথর হইতে কত টন চুণ পাওয়া যাইবে ?] [Ans. 5·6 tons.]

19. How much Sulphuric acid is required to decompose 100 gms. of chalk and how much Calcium Sulphate will be produced ?

[100 গ্রাম খড়ির ($CaCO_3$) বিয়োজনে কতগ্রাম সালফিউরিক এ্যাসিডের প্রয়োজন এবং ঐ বিক্রিয়ার ফলে কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হইবে ?] [Ans. 98 gms. and 136 gms.]

20. How much nitre (KNO_3) will be required to produce sufficient nitric acid to dissolve 50 gms. of copper in cold ?

[50 গ্রাম কপারকে শীতল অবস্থায় দ্রবীভূত করিতে যে পরিমাণ নাইট্রিক এ্যাসিডের প্রয়োজন, ঐ পরিমাণ নাইট্রিক এ্যাসিড প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ সোরা (KNO_3) প্রয়োজন ?] [Ans. 212·07 gms.]

21. What weight of potassium chlorate is required to yield oxygen sufficient to burn the hydrogen evolved by the action of water upon 230 gms. of Sodium ?

[230 গ্রাম সোডিয়াম জলের সহিত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন দহনের জন্য যে পরিমাণ অক্সিজেন প্রয়োজন সেই পরিমাণ অক্সিজেন কত গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরেট হইতে উৎপন্ন হইবে ?] [Ans. 204·2 gms]

22. What weight of caustic soda (NaOH) will be needed to just neutralise 10 c.c. of dil. H_2SO_4 (Sp. Gr. 1·155) containing 21% of Sulphuric acid ?

[10 c.c. (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·155) 21% সালফিউরিক এ্যাসিডকে শমিত করিতে কত পরিমাণ কষ্টিক সোডার প্রয়োজন ?] [Ans. 1·98 gms.]

23. What weight of Calcium Carbonate must be decomposed by HCl to produce a quantity of carbon dioxide that will suffice for the conversion of 30 gms. of caustic soda into sodium carbonate ?

[30 গ্রাম কষ্টিক সোডাকে (NaOH) সোডিয়াম কার্বনেটে পরিবর্তিত করিতে যতটা কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন ঠিক ততটা কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে কত গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড দ্বারা বিয়োজিত করিবে ?] [Ans. 37·5 gms.]

24. 30 gms. of potassium chlorate is heated to produce oxygen. What weight of zinc will be required to generate sufficient hydrogen to completely combine with the oxygen liberated ?

[অক্সিজেন উৎপাদনের জন্য 30 গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করা হইল। এই অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইবার পক্ষে যথেষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেন কত গ্রাম জিংক হইতে পাওয়া যাইবে ?] [Ans. 47·75 gms.

25. 1·84 gms of a mixture of $CaCO_3$ and $MgCO_3$ is strongly heated till no further loss of weight takes place. The residue weighs ·96 gm. Calculate the percentage composition of the mixture.

[1·84 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের একটি মিশ্রণ উগ্র তাপে উত্তপ্ত করা হইল যতক্ষণ পর্যন্ত ওজনের আর হ্রাস না হয়। অবশেষরূপে যাহা রহিল তাহার ওজন ·96 গ্রাম। মিশ্রটির শতকরা হার নির্ণয় কর।] [Ans. $CaCO_3$ = 54·35% ; $MgCO_3$ = 45·65%]

২০

ব্যবহারিক রসায়ন

(Practical Chemistry)

পরীক্ষা করিয়া, যুক্তি প্রমাণ দিয়া যখন কোন বিষয় জানা যায়, তখন বলা হয় সেই বিষয়ে বিশেষ জ্ঞান লাভ হইল। বিজ্ঞান হইল এই বিশেষ জ্ঞান। সুতরাং এই বিশেষ জ্ঞান আহরণ করিতে হইলে, ছাত্রদের কেবলমাত্র পাঠ্য-পুস্তকের পৃষ্ঠায় রসায়ন-চর্চা সীমাবদ্ধ রাখিলে চলিবে না। নিজেদের হাতে-কলমে পরীক্ষা করিয়া দেখিলে তবেই পুস্তকে বর্ণিত বিষয় সম্বন্ধে প্রত্যয় জন্মিবে। এই উদ্দেশ্যে পুস্তকের এই অংশে প্রতিটি পরীক্ষার কার্য-প্রণালী এবং যে সকল সতর্কতা অবলম্বন করিলে পরীক্ষা নির্ভুল হয় তাহা যথাসম্ভব সরল ভাষায় বর্ণনা করা হইয়াছে। সুতরাং ছাত্রদের পাঠ্য বিষয়ের অন্তর্গত পরীক্ষা কার্যগুলি বীক্ষণাগারে অতি মনোযোগ সহকারে করিতে হইবে।

পরীক্ষাকালীন সতর্কতা :

রসায়ন বীক্ষণাগারে (রসায়নাগারে) নানাপ্রকারের দাহ্য, বিষাক্ত এবং বিস্ফোরক পদার্থ লইয়া সর্বদা কার্য্য করিতে হয়। সুতরাং পরীক্ষাকালে ছাত্রদের নিম্নলিখিত বিষয়ে সতর্কতা ও সচেতনতা একান্ত প্রয়োজন—

(১) বীক্ষণাগারে শৃঙ্খলা ও নীরবতা একান্ত প্রয়োজন। অন্যমনস্ক হওয়া, গোলমাল করা বা অপরের কার্য্যে বাধা সৃষ্টি করা একান্ত অপরাধজনক।

(২) বীক্ষণাগারে ঢিলে পোষাক পরিয়া যাওয়া অনুচিত। পরীক্ষার সময় একটি 'বহিরাবরণ বস্ত্র' (apron) বা কোমরে তোয়ালে জড়াইয়া লইলে ভাল হয়।

(৩) বিনা প্রয়োজনে বীক্ষণাগারের বিক্রিয়ক (Laboratory reagents) লইয়া নাড়াচাড়া করা উচিত নয়। রি-এজেন্ট বোতল ব্যবহার করিলে বোতলটি ছিপি বন্ধ করিয়া যথাস্থানে রাখা উচিত।

(৪) পরীক্ষার পূর্বে কাচের যন্ত্রপাতিগুলি পরিষ্কার করিয়া ধুইয়া লওয়া এবং পরীক্ষার পরে পুনরায় ধুইয়া পরিষ্কার করা ছাত্রদের অবশ্য করণীয়।

(৫) কাচের যন্ত্রপাতি উত্তপ্ত করিবার সময় তাপ ধীরে ধীরে দিতে হয় এবং লক্ষ্য রাখিতে হয় যেন কাচের যন্ত্রের বাহিরের গায়ে জল না থাকে। এইরূপ

সতর্কতা অবলম্বন না করিলে যন্ত্র ফাটিয়া যাইতে পারে অথবা যন্ত্রের ভিতরকার তরল হঠাৎ ছিটাকাইয়া পড়িতে পারে।

(৬) **বীক্ষণাগার হইতে কাচের যন্ত্রপাতি বা রাসায়নিক দ্রব্য বাহিরে লইয়া যাওয়া অত্যন্ত অপরাধ।**

(৭) পরীক্ষার বিষয়, পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ এবং সিদ্ধান্ত—সমস্ত বিষয় ল্যাবরেটরি খাতায় (Laboratory Note Book) যথাযথ লিপিবদ্ধ করা এবং নিয়মিতভাবে শিক্ষক মহাশয়কে তাহা দেখান ছাত্রদের অবশ্য করণীয়।

(৮) **প্রাকৃটিক্যাল ক্লাসে বসিয়া কাজ করা অনুচিত।**

দুর্ঘটনা :

রসায়নাগারে নানাপ্রকার বিষাক্ত, দাহ্য এবং ক্ষয়কারী (corrosive) পদার্থ লইয়া কাজ করিতে হয়। সেইজন্য পরীক্ষাকালে সতর্ক থাকা এবং নিয়ম শৃঙ্খলা রক্ষা করিয়া মনোযোগ সহকারে কাজ করিলে দুর্ঘটনার হাত হইতে রক্ষা পাওয়া যায়।

(১) **রসায়নাগারে কোন পদার্থেরই স্বাদ জিহ্বা দ্বারা লওয়া বিপদ্‌জনক।**

(২) কোন স্থান **কাটিয়া যাইলে** ক্ষতস্থান ভাল জল দ্বারা ধুইয়া টিনচার আয়োডিন (tincture iodine) লাগান উচিত। যদি তাহাতেও রক্ত পড়া বন্ধ না হয় তাহা হইলে টিন্‌চার বেঞ্জিন (tincture benzoin) ব্যবহার করিতে হয়।

(৩) কোন স্থান **পুড়িয়া গেলে** উক্ত স্থানে বার্নল (Burnol) লাগাইতে হয় অথবা উক্ত স্থান কিছুক্ষণ স্পিরিট (spirit) দ্বারা ধুইয়া উহাতে পিকরিক এ্যাসিড (Picric acid) বা বোরিক এ্যাসিড (Boric acid) মিশ্রিত ভেসলিন লাগাইতে হয়।

(৪) কোন স্থান **এ্যাসিডে পুড়িয়া গেলে** তৎক্ষণাৎ সেই স্থান জল দ্বারা ভাল করিয়া ধুইয়া ফেলিতে হয়। পরে উক্ত স্থান লঘু সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$) দ্বারা ধুইয়া সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) দ্বারা ঢাকিয়া ফেলিতে হয়।

(৫) **বিষাক্ত গ্যাসে** (H_2S, Cl_2, NO_2, প্রভৃতি) অতিরিক্ত শ্বাস লওয়ার ফলে মাথা ধরিলে বা অন্য রকম অসুস্থতা বোধ করিলে চোখমুখ ভাল করিয়া জল দ্বারা ধুইয়া লঘু এ্যামোনিয়া দ্রবণ (NH_4OH) লইয়া শ্বাস লইতে হয় এবং

পরে কিছুক্ষণ খোলা জায়গায় বসিলে, আরাম বোধ করিবে। **পরীক্ষাকার্য্য শেষ হইলে সর্ব্বদা সাবান দ্বারা হাত ধুইয়া ফেলিতে হয়।**

প্রাকৃটিক্যাল খাতা লিখিবার পদ্ধতি :

প্রতিদিন পরীক্ষণীয় বিষয়, পরীক্ষা ও সিদ্ধান্ত 'রাফ খাতায়' লিখিয়া রাখিয়া বাড়ীতে পরিষ্কার বাঁধানো 'ল্যাবরেটরি নোটবুকে' লিখিতে হয়।

(১) নোটবুকের প্রথম পাতায় একটি সূচীপত্র (Index) রাখিতে হয়। সূচীপত্র লিখিবার নিয়ম—

ক্রমিক সংখ্যা	পরীক্ষার বিষয়	পরীক্ষার তারিখ	পৃষ্ঠা সংখ্যা

(২) নোটবুকের বামদিকে সাদা পৃষ্ঠায় যন্ত্রপাতির চিত্র আঁকিতে হয় এবং ডানদিকে লাইনটানা পৃষ্ঠায় পরীক্ষার বিষয় ও ফলাফল লিখিতে হয়।

(৩) নোটবুকের ডানদিকের পৃষ্ঠায় মারজিনের ভিতর পরীক্ষার তারিখ এবং উপরে সাদা অংশে পরীক্ষার ক্রমিক সংখ্যা (Experiment No.) এবং ঠিক তাহার উপরে পরীক্ষার বিষয় বড় বড় হরফে লিখিত হয়। ইহার পর পরীক্ষাকার্য্যের বাকি অংশ নিম্নলিখিতভাবে লিখিতে হয়—

(ক) যন্ত্রপাতির বিবরণ :—

(খ) পরীক্ষার সূত্র (Theory) :—

(গ) পরীক্ষা পদ্ধতি (Method) :—

(ঘ) সতর্কতা (Precautions) :—

(ঙ) ফলাফল ও সিদ্ধান্ত :—

ফলাফল ও সিদ্ধান্ত নিম্নলিখিত ভাবে লিখিতে হয় :—

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
2.		
3.		

পরীক্ষার বিষয় অনুযায়ী নোটবুকে লিখিবার পদ্ধতির কিছু কিছু পরিবর্তন হয়।

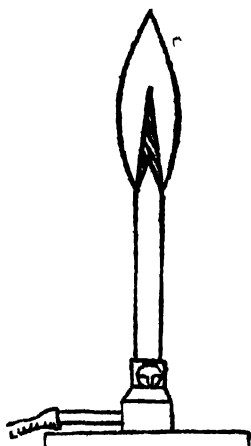
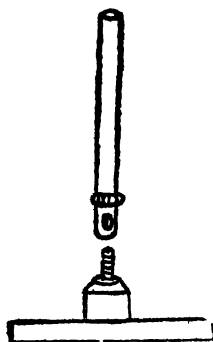
৪। নিয়মিতভাবে নোটবুক শিক্ষক মহাশয় কর্তৃক সংশোধিত ও স্বাক্ষরিত করিয়া লইতে হইবে।

৫। দুইদিনের দুইটি পরীক্ষা একই পৃষ্ঠায় লেখা নিয়মবিরুদ্ধ এবং নোটবুক লিখিবার সময় সর্ব্বদা একই কালি ব্যবহার করিতে হয়।

বুন্‌সেন দীপের পরিচয় ও গঠন :

(Familiarity with Bunsen Burner)

বান্নাঘরে বিভিন্ন পদার্থ উত্তপ্ত করিবার জন্য যেমন উনানের প্রয়োজন সেইরূপ রসায়নাগারে বিভিন্ন পদার্থ উত্তপ্ত করিবার জন্য বুন্‌সেন দীপের প্রয়োজন। জার্মান বিজ্ঞানী **বুন্‌সেন ১৮৫৫** খৃষ্টাব্দে ঐই দীপটি আবিষ্কার করেন। ইহা কয়লা হইতে প্রাপ্ত গ্যাস (Coal-gas) পোড়াইয়া প্রজ্বলিত করা হয়।

এই দীপটি আগাগোড়া ধাতু নির্মিত এবং প্রধানতঃ দুইটি অংশে বিভক্ত, যথা—(১) ধাতব পাদপীঠ (Base) এবং (২) ছয় ইঞ্চি লম্বা একটি ফাঁপা ধাতব নল (burner tube)। পাদপীঠটি অপেক্ষাকৃত ভারী এবং ইহার মুখটি সরু নলের মত ছুঁচালো। এই নলটির নীচের দিকে যুক্ত থাকে আরেকটি নল। এই নলের সঙ্গে বাহিরের দিকে একটি রবাবের নল লাগানো থাকে এবং তাহার ভিতর দিয়া কোল-গ্যাস আসিয়া পাদপীঠে প্রবেশ করে।

দীপ-শিখা বুন্‌সেন দীপ

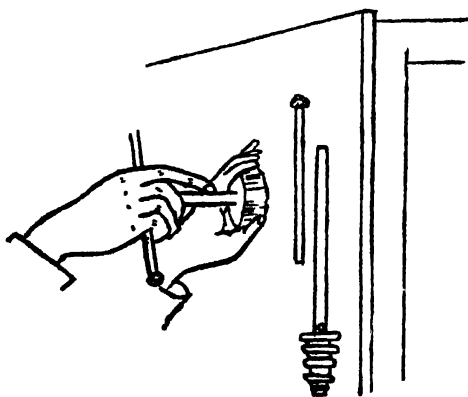
ধাতব নলটি পাদপীঠের মাথায় প্যাঁচ দিয়া বসান থাকে। ধাতব নলটির গায়ে নীচের দিকে মুখোমুখী দুইটি গোল এক সিকি পরিমাণ ছিদ্র কাটা থাকে এবং ছিদ্র দুইটির ঢাকনিরূপে থাকে একটি ধাতব বলয়। ধাতব বলয়টিতেও ঠিক পূর্বের মত মুখোমুখী সিকি পরিমাণ দুইটি গোল ছিদ্র থাকে। ইচ্ছা করিলে ধাতব বলয়টি ঘুরাইয়া বার্ণার টিউবের ছিদ্র দুইটি আংশিক বা 'পুরাপুরি' বন্ধ করিয়া দেওয়া যায়। এই ছিদ্র দিয়া বার্ণারে বায়ু প্রবেশ করে বলিয়া ইহাকে

বায়ু-ছিদ্র (air-hole) বলা হয়। বুন্‌সেন দীপের দুইটি অংশই আলাদা করা যায়।

এখন, ধাতব নলের ছিদ্রটি বন্ধ করিয়া গ্যাস পাইপ খুলিয়া দিলে কোল-গ্যাস প্রথমে পাদপীঠে প্রবেশ করিবে এবং ছুঁচালো মুখ দিয়া উপরের দিকে উঠিবে। একটি জলন্ত দিয়াশলাই কাঠি দীপের মুখে ধরিলে দীপটি প্রজ্বলিত হইবে। ছিদ্রবন্ধ অবস্থায় দীপশিখা (flame) বেশ লম্বা ও **প্রদীপ্ত** (Luminous) দেখায়। এই অবস্থায় দীপের মাথায় একটি চীনামাটির পাত্র ধরিলে দেখা যাইবে, পাত্রের গায়ে কালো ভূষা বা ঝুল পড়িয়াছে। তাহার কারণ, বায়ু-ছিদ্র বন্ধ থাকায় গ্যাস বায়ু মিশ্রিত হইতে পারে নাই, ফলে গ্যাসের দহনক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় না।

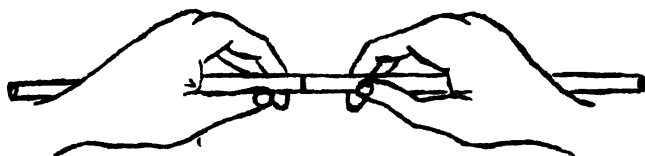
এইবার ধাতব বলয়টি ঘুরাইয়া বায়ু-ছিদ্র খুলিয়া দিলে ধাতব নলে গ্যাসের সহিত বায়ু প্রবেশ করিবে এবং তাহার ফলে দীপশিখা **দীপ্তিহীন** (Non-Luminous) ও **নীলাভ** হইবে। ইহার আকারও ছোট। এইরূপ অবস্থায় দীপশিখা তিনটি মণ্ডলে বিভক্ত থাকে। দীপশিখার বাহিরের মণ্ডলটি যাহা অধিক নীলাভ দেখায় তাহা **'সম্পূর্ণ দহন মণ্ডল'**, অভ্যন্তরের উজ্জল মণ্ডলটিকে **'অসম্পূর্ণ দহন মণ্ডল'** এবং বার্ণারের মুখের নিকট মণ্ডলটিকে **'অদগ্ধ গ্যাসের মণ্ডল'** বলে। এখন এই শিখার উপরে একটি চীনা মাটির পাত্র ধরিলে দেখা যাইবে, পাত্রের গায়ে কোনরূপ ভূষা বা কালি পড়িবে না। **দীপ্তিহীন শিখার তাপ বেশী হয়।**

কর্ক ছিদ্র করা (cork boring) :

যে ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগান হইবে সেই ফ্লাস্কের মুখসহি আকারের একটি কর্ক লওয়া হইল এবং কর্কে যে কাচের নল লাগানো হইবে সেই নলের ব্যাস অনুযায়ী কর্ক ছেদক, (cork-borer) হইতে একটি ছেদক লওয়া হইল। কর্ক প্রথমে ঈষৎ জলে ভিজাইয়া চাপন যন্ত্রের (cork-press) সাহায্যে আস্তে আস্তে দুই তিনবার চাপ দিয়া

কর্ক ছিদ্র করা

সম্ভবমত ছোট করিয়া লওয়া হয়। এখন কর্কের অপেক্ষাকৃত সরু দিকটি উপরদিক করিয়া টেবিলের উপর রাখিয়া ছিদ্র করিবার স্থানটিতে দাগ দেওয়া হইল। এইবার বাম হাতে ছিপিটি বেশ শক্ত করিয়া ধরিয়া কর্ক বোরারটি লম্বভাবে কর্কের উপর চাপ দিয়া স্ক্রুর মত নীচের দিকে ঘুরাইয়া ছিদ্র করা হইল। শেষ মুহূর্তে কর্কটি হাতে শক্ত করিয়া ধরিয়া বোরারটি জোরে চাপ দিলে কর্কের মাথা না ফাটিয়া সুন্দর ও সহজ ছিদ্র হইয়া যায়।

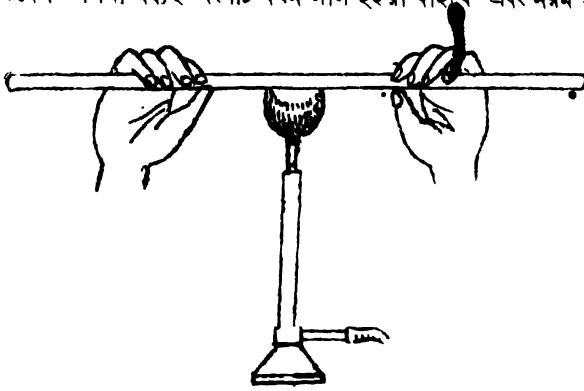
কাচনল কাটা (Cutting Glass-Tube) :

একহাত লম্বা একটি সরু কাচের নল টেবিলের উপর রাখিয়া বাম হাত দিয়া শক্ত করিয়া ধরা হয়। কাচ নলের যে-স্থানে কাটিতে হইবে একটি

কাচনল কাটা

ত্রিকোণ ফাইল (triangular file) দ্বারা সেই স্থান ঘষিয়া দাগ কাটা হয়। এইবার কাটা দাগের নীচে দুই হাতের বুড়ো আঙুল বসাইয়া কাটা দাগের বিপরীত দিকে সামান্য চাপ দিলে কাচনলটি দ্বিখণ্ডিত হইবে। যদি অল্প চাপে নলটি না ভাঙ্গে তাহা হইলে কাটা দাগটি ফাইল দিয়া ঘষিয়া আরও একটু গভীর করিয়া লইতে হয়। জোরে চাপ দিয়া ভাঙ্গিবার চেষ্টা করিলে হাতে কাচ ফুটিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। এখন দ্বিখণ্ডিত কাচের নলের ধারগুলি ধারালো থাকে বলিয়া কাটা মুখগুলি বুন্‌সেন দীপশিখায় ধরিয়া আস্তে আস্তে ঘুরাইতে হয়। নলের মুখগুলি উজ্জ্বল লোহিতবর্ণ হইলে উহাদের এ্যাস্‌বেস্‌টস্‌ বোর্ডের উপর চাপিয়া ধরিতে হয়। ফলে নলের মুখগুলি সুন্দর গোল ও মসৃণ হইয়া যায়।

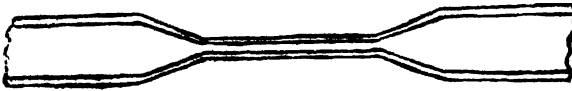
কাচনল বাঁকান (Bending Glass-tube) :

একটি সরু কাচের নল দুই পাশে ধরিয়া ফিশ্‌-টেল দীপ (Fish-tail burner) বা দীপ্তিহীন বুনসেন দীপের মধ্য দিয়া কয়েকবার চালনা করিলে নলটি ঈষৎ উত্তপ্ত হইবে। এখন নলটি যে-স্থানে বাঁকান প্রয়োজন সেই

স্থানটি দীপশিখার উপর ধরিয়া অনবরত ঘুরাইলে নলটির সবদিকেই সমানভাবে উত্তপ্ত হইবে। শিখা-মধ্যস্থ অংশটি যখন লাল হইয়া যাইবে এবং নরম হইয়াছে

কাচনল বাঁকান

বলিয়া মনে হইবে তখন ইহাকে একটি এ্যাসবেস্টস্ বোর্ডের উপর রাখিয়া প্রয়োজনানুসারে চাপ দিয়া বিভিন্ন কোনে বাঁকান যাইবে।

জেট (jet) প্রস্তুত করা :

একটি কাচনল লইয়া পূর্ব পরীক্ষার ন্যায় দীপশিখার উপরে ধরিয়া ঘুরাইতে থাকিলে শিখা মধ্যস্থিত অংশটি লাল হইয়া যাইবে। যখন নলের উত্তপ্ত স্থানটি

কাচনল টানিয়া লম্ব করা

নরম হইয়াছে বলিয়া মনে হইবে তখন নলটি দীপশিখা হইতে সরাইয়া লইয়া দুইপাশে টানিতে থাকিলে নলের মধ্যভাগ সরু হইতে হইতে খুব সরু কাচের

জেট্ প্রস্তুত

নলের আকার ধারণ করিবে। সরু স্থানটি ঠাণ্ডা হইলে ত্রিকোণ ফাইল দ্বারা মধ্যভাগে দাগ কাটিলে ইহা দুইটি জেটে পরিণত হইবে। এখন তীক্ষ্ণ ধার মুখ-

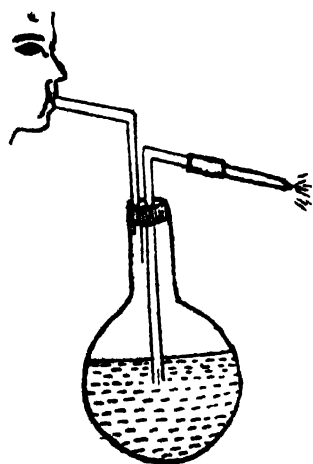
দুইটি দীপে উত্তপ্ত করিয়া এ্যাস্‌বেস্‌টস বোর্ডের উপর চাপিয়া ধরিলে ধারগুলি গোল ও মসৃণ হইয়া যাইবে।

ওয়াস্ বোতল সুসজ্জিত করণ:

(Fitting up of a Wash Bottle)

যন্ত্রপাতি—একটি 500 c.c. চাপ্টা-তল ফ্লাস্ক, একটি সরু কাচনল, কর্ক বা ছিপি, কর্ক বোরার ও বুন্‌সেন দীপ।

পদ্ধতি—ফ্লাস্কের মুখসহি আকারের একটি কর্ক লইয়া ঈষৎ জলে ভিজাইয়া চাপন যন্ত্রের সাহায্যে আস্তে আস্তে চাপ দিয়া সম্ভবমত ছোট করিয়া লওয়া হইল। এখন কাচনলের ব্যাস অনুযায়ী একটি উপযুক্ত কর্ক বোবারের সাহায্যে উহার মধ্যে দুইটি সমান্তরাল ছিদ্র করা হইল।

এইবার কাচনলটি ত্রিকোণ ফাইল দ্বারা দুইটি অসমান অংশে কাটা হইল। ছোট টুকরাটির মধ্যভাগ ফিসটেল দীপে বা বুন্‌সেন দীপে স্থূলকোণ (120° কোণ) করিয়া বাঁকান হইল। অপর নলটির একপ্রান্ত দীপে উত্তপ্ত কবিয়া একটি জেট প্রস্তুত করা হইল। জেট 4 ইঞ্চি পবিমান বাদ দিয়া নলটিকে সূক্ষ্মকোণে (45° কোণ) বাঁকান হইল। এখন বাঁকান নল দুইটি কর্কেব ছিদ্র দুইটিব মধ্যে এমনভাবে প্রবিষ্ট কবান হইল যাহাতে জেট অংশটি বোতলেব বাহিরে থাকে এবং ইহার অপব প্রান্তটি যেন ফ্লাস্কের প্রায় তলদেশ পর্যন্ত থাকে এবং অপর নলের একপ্রান্ত ফ্লাস্কের মধ্যে কর্কেব নীচেই যেন শেষ হয়।

ওয়াস্ বোতল

এখন ফ্লাস্কে অর্ধেক পরিমাণ জল পূর্ণ করিয়া মুখটি বাঁকান নল সমেত কর্কটি ভালভাবে আঁটিয়া দেওয়া হইল। ছোট স্থূলকোণে বাঁকান বাহিরের নলটি দিয়া ফ্লাস্কে ফুঁ দিলে বাতাসে চাপ পড়িবে এবং সরু জেট হইতে জল বাহির হইতে থাকিবে। জেট হইতে নির্গত জল দ্বারা পাত্রের যে-কোন স্থান বা অংশ ভাল করিয়া ধৌত করা যায় বলিয়া ইহার নাম ওয়াস্ বোতল (wash bottle)। বেশী পরিমাণে জলের প্রয়োজন হইলে ছোট নলের দিকে ফ্লাস্কটি কাৎ করিতে হয়, ফলে ছোট নলের মুখ দিয়া মোটা ধারায় জল পড়িবে।

পরিস্রাবণ :

যন্ত্রপাতি—ফানেল, বীকার আংটাসহ ধারক, কাচদণ্ড, ফিলটার পেপার ও খড়িমাটি মিশ্রিত জল।

সূত্র— পৃষ্ঠা ১৭ দ্রষ্টব্য।

পদ্ধতি— „ „ „

বাষ্পীভবন :

যন্ত্রপাতি—বেসিন, বুন্‌সেন দীপ, ত্রিপদ স্ট্যাণ্ড, তারজালি, কাচদণ্ড ও লবণজল।

সূত্র— পৃষ্ঠা ২১ দ্রষ্টব্য।

পদ্ধতি— „ ২০ „

ঊর্ধ্বপাতন :

যন্ত্রপাতি—বেসিন, বুন্‌সেন দীপ, ফানেল, ত্রিপদ স্ট্যাণ্ড, এ্যাসবেস্‌টস্ লেপা তারজালি, তুলা, ব্লটিং পেপার ও কর্পূর।

সূত্র— পৃষ্ঠা ৩৬ দ্রষ্টব্য।

পদ্ধতি— " " "

নিষ্কাশন :

যন্ত্রপাতি—পৃথকীকরণ ফানেল, আংটাসহ ধারক, আয়োডিন মিশ্রিত জল ও কার্বন ডাই-সালফাইড।

সূত্র— পৃষ্ঠা ২৫ দ্রষ্টব্য।

পদ্ধতি— " ২৪ "

লবণ ও বালুর মিশ্রণ পৃথকীকরণ :

যন্ত্রপাতি—বীকার, বেসিন, কাচদণ্ড, বুন্‌সেন দীপ, ফানেল, ফিলটার পেপার, ত্রিপদ স্ট্যাণ্ড, তারজালি, আংটাসহ ধারক এবং লবণ ও বালুর মিশ্রণ।

সূত্র—লবণ জলে দ্রবণীয় কিন্তু বালু অদ্রবণীয়। সুতরাং লবণ ও বালুর মিশ্রণে খানিকটা জল মিশ্রিত করিয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে লবণ জলে অবিচ্ছিন্নভাবে মিশিয়া গিয়াছে এবং বালু থিতাইয়া বীকারের তলায় পড়িয়াছে। এখন পরিস্রাবণ ও বাষ্পীভবন প্রক্রিয়া অবলম্বন করিলে লবণ ও বালু পৃথক হইবে।

পদ্ধতি—পরিস্রাবণ প্রক্রিয়া ১৭ পৃষ্ঠা ও বাষ্পীভবন প্রক্রিয়া ২৩ পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য।

পরীক্ষার ফল—পরিস্রাবণের পর ফিলটার পেপারে অবশেষরূপে থাকিবে বালু এবং বাষ্পীভবনের পর বেসিনে অবশেষরূপে থাকিবে লবণ।

বালু ও কর্পূরের মিশ্রণ পৃথকীকরণ :

যন্ত্রপাতি—বেসিন, ফানেল, বুন্‌সেন দীপ, তূলা, ব্লটিং পেপার, ত্রিপদ স্ট্যাণ্ড, এ্যাস্‌বেস্‌টস্ লেপা তারজালি এবং বালু ও কর্পূরের মিশ্রণ।

সূত্র—কর্পূর উদ্বায়ী কঠিন পদার্থ এবং ইহাকে তাপ দিলে ঊর্ধ্বপাতিত হয় কিন্তু বালু অনুদ্বায়ী পদার্থ। সুতরাং ঊর্ধ্বপাতন প্রক্রিয়ায় এই মিশ্রণ পৃথক করা যায়।

পদ্ধতি— পৃষ্ঠা ৩৬ দ্রষ্টব্য।

পরীক্ষার ফল— উৎক্ষেপরূপে ফানেলে পাওয়া যাইবে কর্পূর এবং বেসিনে পড়িয়া থাকিবে বালু।

কেলাসন :

যন্ত্রপাতি—বেসিন, কাচদণ্ড, বুনসেন দীপ, ত্রিপদ স্ট্যাণ্ড, তারজালি, তুঁতে ও জল।

সূত্র— পৃষ্ঠা ৩৯ দ্রষ্টব্য

পদ্ধতি— " ৪০ "

বরফের গলনাংক নির্ণয় :

যন্ত্রপাতি— ফানেল, বীকার, থার্মোমিটার, আংটাসহ ধারক ও বরফ।

সূত্র— পৃষ্ঠা ৩১ দ্রষ্টব্য।

পদ্ধতি— " ৩২ "

পরীক্ষার ফল—বরফের গলনাংক 0°C।

মোমের গলনাংক নির্ণয় :

যন্ত্রপাতি—কৈশিক নল, থার্মোমিটার, ধারক, বীকার, একটি তামার আলোড়ক (stirrer), বুনসেন দীপ ও মোম।

সূত্র— পৃষ্ঠা ৩১ দ্রষ্টব্য।

পদ্ধতি— „ ৩২ „

পরীক্ষার ফল—মোমের গলনাংক 56°C।

জলের স্ফুটনাংক নির্ণয় :

যন্ত্রপাতি—গোলাকার-তল ফ্লাস্ক অথবা পাতন ফ্লাস্ক, থার্মোমিটার, আংটাসহ ধারক, বুন্‌সেন দীপ ও জল।

সূত্র— পৃষ্ঠা ৩৪ দ্রষ্টব্য।

পদ্ধতি— „ „ „

পরীক্ষার ফল—জলের স্ফুটনাংক 100°C।

লোহা ও গন্ধকের মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের পার্থক্য বিশ্লেষণ :

যন্ত্রপাতি—খল-নুড়ি, উত্তল লেন্স, চুম্বক ও পরীক্ষা-নল।

রাসায়নিক উপকরণ—লৌহচূর্ণ, গন্ধকচূর্ণ, হাইড্রোক্লোরিক এ্যাসিড ও কার্বন ডাই-সালফাইড।

সূত্র—মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের সংজ্ঞা। ৫৯ পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য

পদ্ধতি—মিশ্র পদার্থের পরীক্ষা—পৃষ্ঠা ৬০ দ্রষ্টব্য।

যৌগিক পদার্থের পরীক্ষা—পৃষ্ঠা ৬১ দ্রষ্টব্য।

হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রস্তুতি ও ধর্মের পরীক্ষা :

যন্ত্রপাতি—উলফ্ বোতল, নির্গম-নল, দীর্ঘ-নল ফানেল, ছিদ্রযুক্ত কর্ক, গ্যাস জার, গ্যাস দ্রোণী ও কিছু মোম।

রাসায়নিক উপকরণ—দস্তার টুকরা ও লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড।

প্রস্তুতি—পৃষ্ঠা ১৩৩ দ্রষ্টব্য।

রাসায়নিক সমীকরণ—পৃষ্ঠা ১৩৫ দ্রষ্টব্য।

সতর্কতা— „ ১৩৪ „

ধর্মের পরীক্ষা—১৩৮, ১৩৯, পৃষ্ঠায় বর্ণিত হাইড্রোজেনের ধর্মের পরীক্ষাগুলি পরপৃষ্ঠায় প্রদত্ত অক্সিজেন পরীক্ষার ন্যায় তিনটি কলম (Column) করিয়া লিখিতে হইবে।

অক্সিজেন গ্যাসের প্রস্তুতি ও ধর্মের পরীক্ষা :

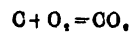
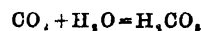
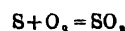
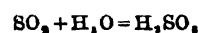
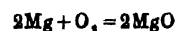
যন্ত্রপাতি—শক্ত মোটা কাচের পরীক্ষা-নল, নির্গমনল, ছিদ্রযুক্ত কর্ক, ধারক, গ্যাসজার ও ঢাকনি, গ্যাসদ্রোণী ও বুনসেন দীপ।

রাসায়নিক উপকরণ—৫ : ১ পরিমাণ পটাশিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড, নীল লিটমাস পেপার।

প্রস্তুতি—পৃষ্ঠা ১১২ দ্রষ্টব্য।

রাসায়নিক সমীকরণ—পৃষ্ঠা ১১৩ দ্রষ্টব্য।

সতর্কতা—পৃষ্ঠা ১১৪ দ্রষ্টব্য।

ধর্মের পরীক্ষা—

পরীক্ষা	পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১। অকসিজেন গ্যাস ভরা জারে গ্যাসের বর্ণ ও গন্ধ লওয়া হইল।	গ্যাস বর্ণহীন, গন্ধহীন ও শ্বাস লইতে কষ্ট হয় না।	অকসিজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস এবং শ্বাস গ্রহণে সহায়ক।
২। মৃদু আভাযুক্ত একটি কাঠি আর একটি গ্যাস জারে প্রবেশ করান হইল।	কাঠিটি পুনরায় উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিয়া উঠিল কিন্তু গ্যাসটি জ্বলিল না।	অকসিজেন অদাহ্য কিন্তু দাহক।
৩। একটি প্রজ্বলন চামচে জ্বলন্ত কার্বনের একটি টুকরা রাখিয়া চামচটি গ্যাসজারের মধ্যে প্রবেশ করাইলে	কার্বনের টুকরাটি আরও উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে এবং জারটি ধোঁয়ায় পরিণত হইবে।	কার্বন অকসিজেনে দহনের ফলে কার্বন ডাই-অকসাইড গ্যাস উৎপন্ন হইয়াছে। $C+O_2=CO_2$
এখন এই জারের মধ্যে খানিকটা জল ঢালিয়া বেশ করিয়া ঝাঁকাইয়া একটি নীল লিটমাস পেপার ফেলিয়া দিলে	নীল লিটমাস লাল হইয়া যাইবে।	উৎপন্ন কার্বন ডাই-অকসাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া কার্বনিক এ্যাসিড গঠন করে। $CO_2+H_2O=H_2CO_3$ এই এ্যাসিড নীল লিটমাস পেপারকে লাল করে।
৪। এক টুকরা সালফার প্রজ্বলন চামচে জ্বালাইয়া অকসিজেন ভরা গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে	সালফার অতি উজ্জ্বল বেগুনী আলোক বিকিরণ করিয়া জ্বলিতে থাকিবে এবং জার সাদা ধোঁয়ায় পরিপূর্ণ হইবে।	সালফার অকসিজেনে দহনের ফলে সালফার ডাই-অকসাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। $S+O_2=SO_2$
— জারে অল্প পরিমাণে জল দিয়া ঝাঁকাইয়া নীল লিটমাস পেপার ফেলিয়া দিলে।	ধোঁয়া জলে দ্রবীভূত হইবে এবং নীল লিটমাস লাল হইবে।	সালফার ডাই-অকসাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া সালফিউরাস এ্যাসিড উৎপন্ন করে। $SO_2+H_2O=H_2SO_3$ ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে।
৫। একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের তার গ্যাস ভরা জারে প্রবেশ করাইলে	ইহা উজ্জ্বল চোখ-ঝলসানো আলোক বিকিরণ করিয়া ভস্মে পরিণত হইবে।	ম্যাগনেসিয়াম অকসিজেনে দহনের ফলে ম্যাগনেসিয়াম অকসাইডে পরিণত হয়। $2Mg+O_2=2MgO$
অল্প পরিমাণ জল দিয়া জারটি ঝাঁকাইয়া লাল লিটমাস পেপার ফেলিয়া দিলে	ভস্ম জলে সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হইবে এবং লাল লিটমাসকে নীল করিবে।	ম্যাগনেসিয়াম অকসাইড জলে সামান্য দ্রবণীয় এবং ইহা ক্ষারকীয় অকসাইড।